

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**

**INGENIEROS AMBIENTALES**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DE PESTICIDAS Y CALIDAD DE AGUA DE EFLUENTES  
DE FLORÍCOLAS EN LA ZONA DE CAYAMBE**

**AUTORES:**

**GALLEGOS FLORES JEFFERSON PAUL  
MEDINA PARRA XAVIER SEBASTIÁN**

**TUTOR:**

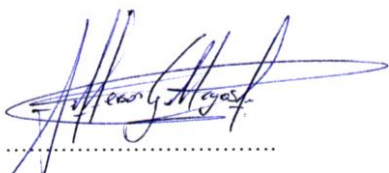
**RENATO GABRIEL SÁNCHEZ PROAÑO**

**Quito, enero del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jefferson Paúl Gallegos Flores con documento de identificación N° 1718440439 y Xavier Sebastián Medina Parra con documento de identificación N° 1720481991, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: **“DETERMINACIÓN DE PESTICIDAS Y CALIDAD DE AGUA DE EFLUENTES DE FLORÍCOLAS EN LA ZONA DE CAYAMBE ”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jefferson Paúl Gallegos Flores

Cédula: 1718440439

Fecha: enero 2019



Nombre: Xavier Sebastián Medina Parra

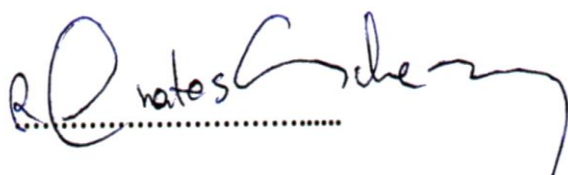
Cédula: 1720481991

Fecha: enero 2019

## **DECLARATORIA DE CO-AUROTIA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de investigación, DETERMINACIÓN DE PESTICIDAS Y CALIDAD DE AGUA DE EFLUENTES DE FLORÍCOLAS EN LA ZONA DE CAYAMBE realizado por: Jefferson Paúl Gallegos Flores y Xavier Sebastián Medina Parra, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero del 2019



Renato Gabriel Sánchez Proaño  
1715542401

## **DEDICATORIA**

### **Jefferson**

*A mis padres:*

*Nelson Miguel y Gladys Soledad, quienes han hecho posible llegar a esta etapa de mi formación profesional, pese a todas las dificultades a las que han tenido que atravesar; sobre todo por su apoyo incondicional, por enseñarme el valor de la responsabilidad, honestidad y a no darme por vencido frente a las duras adversidades que se presentan en la vida.*

*A mis hermanos:*

*Erick, Priscila, Lizeth, Lisbeth y Doris con quienes hemos compartido buenos y malos momentos, y por quienes siempre me he esforzaré día a día en ser su fuente de motivación y ejemplo a seguir.*

*A mis abuelitos:*

*Miguel, Doralisa, Rafael y Rosita los cuales me han brindado su cariño y apoyo en los momentos cuando más los necesité, especialmente a mi mamita Libi que siempre vivirá dentro de mi corazón, quién me enseñó hasta sus últimos días el valor de la humildad, respeto, y honradez.*

*A mi amiga del alma:*

*Dayana, con quien he pasado los momentos más felices de mi vida universitaria, siendo un baluarte fundamental con su apoyo en los momentos más cruciales de mi carrera.*

*A mis amigos:*

*Richard, Andrés, Paúl, Luis, Kevin, Ronald, Erika y Sebastián; amigos que conocí a lo largo de la carrera, con quienes he ido forjando una amistad inquebrantable y a quienes considero mis hermanos de otra madre.*

## **DEDICATORIA**

### **Sebastián**

*Quiero dedicar este trabajo que fue realizado con mucho esfuerzo y mucho tiempo atrás de dedicación e historias que fueron forjando este camino que elegí tomar... Primeramente a Dios que mediante las enseñanzas de mi patrono San Juan Bosco he guiado gran parte de mi vida...*

*A mis padres **Diego y Yolanda** por ser ese ejemplo, ese cariño, ese apoyo, esa enseñanza, esa felicidad... sepan padres queridos que nunca me faltó nada, siempre tuve lo necesario para salir adelante y mucho más, de todo corazón este esfuerzo hecho a lo largo de la universidad FUE POR USTEDES...*

*A mis hermanos **Diego, Sofía y María Emilia** (desde el cielo), por ser esa chispa de alegría en mi vida y por tantos momentos compartidos...*

*A mis abuelos **Flavio y a mi tesoro enorme mi Abuelita Lola**, por ser el mayor ejemplo de amor y lucha que puede existir en este mundo, Abuelita esto también es gracias a usted, gracias por tanto apoyo y amor incondicional...*

*A mis queridos tíos: **Normi, Melly, Elvi, Loli, Tuqui, Fernanda, Pepe, Fernando, Papuchito Emilio** ( desde el cielo)... tíos queridos son uno de los pilares fundamentales de mi vida, muchas gracias por ese amor incondicional y por ese apoyo, sepan que son mi adoración y mi orgullo tíos queridos... quiero hacer un agradecimiento especial a mi tío **Miguel**, de todo corazón gordito gracias por todo lo que has hecho por mí, ojala me alcancen los días de vida para agradecerte cómo has sido conmigo y ojala Dios me permita tener un gran corazón como el tuyo...*

*A mis amados primos y primos en segundo grado, por ser esa alegría y apoyo en mi vida, quisiera poner el nombre de todos, pero no me alcanzaría la hoja, han sido mi ejemplo mi felicidad y mi motivo de orgullo **Primos amados les adoro con todo mi corazón... PRIMO PAUL ESTO ES PARA TI, GRACIAS POR SER UN EJEMPLO PARA TODOS...***

*A mi madrina **Silvi** y a mi tía política **Sandri** por siempre estar pendientes de mí y por todo el apoyo que me han brindado en este trayecto...*

*A mis sobrinas **Erin y Mía** por llenar mi corazón de ternura, ojalá un día lean esto y sepan que les quiero con todo mi corazón....*

*A los demás familiares en total somos 88 y todos tienen un espacio muy grande en mi corazón de todo corazón GRACIAS...*

*¡A ti, mi dulce amor **Cristina**, tu apoyo ha sido incondicional!!! ¡Gracias por hacer de esta experiencia la mejor, gracias por tu amor y por tu peculiar manera de ser Te amo mi vida!!*

*A mis queridos amigos los **CTM : Niggy, Richi, Pulpo, SO, Jeff, Lanchis, Gato, Lucho, Zapatos**, por compartir este largo trayecto juntos, los quiero amigos...*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a:

A la Universidad Politécnica Salesiana, por su formación tanto profesional como humana y por su apoyo incondicional para la culminación de este trabajo experimental.

A la carrera de Ingeniería Ambiental y a sus distinguidos docentes, quienes nos han inculcado el sentido de responsabilidad y rigor académico.

A nuestro tutor Msc. Renato Sánchez, quien nos ha guiado durante todas las etapas de este trabajo, al cual consideramos un amigo y un excelente profesional.

A todas las personas en la UPS Cayambe: los ingenieros Jorge Sandoval, Lenin Pulamarín, Catalina Sandoval y al PhD. Charles Cachipundo por su ayuda y apoyo incondicional en la logística para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	OBJETIVOS .....	7
2.1.	Objetivo General .....	7
2.2.	Objetivos Específicos.....	7
3.	MARCO TEORICO.....	8
3.1.	Marco Legal.....	8
3.2.	Calidad de agua .....	10
3.3.	Agua residual.....	11
3.3.1	Fuentes de las aguas residuales .....	12
3.4.	Pesticidas.....	13
3.4.1.	Definición .....	13
3.4.2.	Clasificación.....	13
3.5.	Determinación de pesticidas en agua. ....	15
3.5.1.	Métodos de extracción – Preparación de muestra.....	15
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1.	Reactivos y Equipos.....	18
4.	Metodología utilizada en la parte experimental.....	20
4.2.1.	Selección de puntos de muestreo.....	20
4.2.2.	Muestreo.....	23
4.2.3.	Medición de caudal. ....	24

4.2.4. Análisis preliminares para determinar calidad de agua .....	25
4.2.3. Análisis de pesticidas.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
5.1. Resultados. ....	31
5.1.1. Análisis para determinar calidad de agua. ....	31
5.1.2. Análisis de pesticidas.....	33
5.2. Discusión. ....	40
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
6.1. Conclusiones.....	42
6.2. Recomendaciones. ....	43
7. BIBLIOGRAFÍA.....	44
8. ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Químicos usados en flores y cultivos .....	3
Tabla 2. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas UTM .....	3
Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	8



Tabla 4. Criterios de calidad de agua para riego agrícola .....	10
Tabla 5. Clasificación de pesticidas según el agente sobre el cual actúan .....	13
Tabla 6. Clasificación de pesticidas según su categoría toxicológica .....	14
Tabla 7. Reactivos usados para el análisis de pesticidas .....	18
Tabla 8. Estándares usados para la determinación de pesticidas.....	18
Tabla 9. Materiales usados .....	18
Tabla 10. Equipos usados .....	19
Tabla 11. Equipos usados HPLC.....	19
Tabla 12. Métodos utilizados para los distintos análisis para determinar calidad de agua .	26
Tabla 13. Condiciones cromatográficas .....	29
Tabla 14. Promedios de resultados obtenidos de los análisis para determinar calidad de agua.....	32
Tabla 15. Resultados de concentración de Carbofurán obtenidos de las muestras analizadas en HPLC .....	34
Tabla 16. Resultados de concentración de Carbaril obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.....	35
Tabla 17. Resultados de concentración de Buprimato obtenidos de las muestras analizadas en HPLC .....	36
Tabla 18. Resultados de concentración de Deltametrina obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.....	37
Tabla 19. Resultados de concentración de Fluazinam obtenidos de las muestras analizadas en HPLC .....	38
Tabla 20. Resultados de concentración de Thiabendazol obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de un cartucho para SPE. ....	16
Figura 2. HPLC estándar. ....	17
Figura 3. Mapa de puntos de muestreo para calidad de agua de la cuenca de río Pisque. ..	22
Figura 4. Mapa de puntos de muestreo para el análisis de pesticidas donde se observa la influencia de florícolas en cuadros rojos. ....	23
Figura 5. Homogenización de envase. ....	24
Figura 6. Toma de muestra final. ....	24
Figura 7. Medición de profundidad utilizando medido laser de alta precisión. ....	25
Figura 8. Medición de velocidad con ayuda del micromolinete. ....	25
Figura 9. Equipo de filtración. ....	27
Figura 10. Separación fase acuosa de fase orgánica. ....	27
Figura 11. Concentración de muestra en rota-vapor. ....	28
Figura 12. desgasificación de muestras y estándares. ....	29
Figura 13. Pico de estándar detectado por HPLC. ....	30
Figura 14. Excel programado para interpretación de datos. ....	30
Figura 15. Curva de calibración del Carbofurán. ....	34
Figura 16. Curva de calibración del Carbaril. ....	35
Figura 17. Cuerva de calibración del Buprimato. ....	36
Figura 18. Cuerva de calibración de la Deltametrina. ....	37
Figura 19. Cuerva de calibración del Fluazinam. ....	38
Figura 20. Cuerva de calibración del Thiabendazol. ....	39

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Tabla completa de resultados para determinar índice de calidad de agua. ....	52
---	----

## RESUMEN

La presente investigación fue realizada a lo largo de la sub-cuenca del río Pisque cuya área es de 1136 km<sup>2</sup> perteneciente a los cantones Pedro Moncayo y Cayambe en la provincia de Pichincha; con la finalidad de determinar la presencia de pesticidas y calidad de agua de los efluentes, los cuales son receptores de las aguas residuales procedentes de la actividad económica y fisiológica de los pobladores de este sector.

Para determinar la calidad de agua se realizó el muestreo de 28 puntos, se cubrió toda la sub-cuenca antes mencionada. El muestreo y análisis de la mayoría de puntos se lo realizó una vez por mes durante tres meses; los resultados arrojados reflejaron la alta presencia de coliformes fecales, excepto en los puntos ubicados en la parte alta de la sub-cuenca en donde cumplen con todos los parámetros establecidos en la normativa legal.

Los tipos de pesticidas analizados fueron carbofurano, deltametrina, carbaril, tiabendazol, fluazinam y buprimato; y para su determinación se lo realizó en los puntos: río Blanco (punto medio), río San José, río Tupigachi, canal de riego Pisque, y canal de riego Ascázubi.

Los resultados obtenidos una vez realizados los análisis mostraron claramente que el río Tupigachi es el efluente con mayor presencia de los pesticidas analizados con una concentración de: 237.48 ppm de carbofurano; 495 ppm de carbaril; 155.82 ppm de deltametrina; 63.42 ppm de fluazinam; 26.14 ppm de tiabendazol y 37.98 ppm de buprimato. El canal de riego Ascázubi pese a ser el punto más alejado de la sub-cuenca aún existen pequeñas concentraciones de carbofurano y deltametrina con 0,24 ppm y 27.17 ppm respectivamente; lo que confirma la presencia de estos pesticidas en todo el trayecto del río Pisque.

## **ABSTRAC**

The present research was carried out along the sub-basin of the Pisque River whose area is 1136 km<sup>2</sup> belonging to the cantons of Pedro Moncayo and Cayambe in the province of Pichincha; with the purpose of determining the presence of pesticides and the water quality of the effluents, the recipients of the services of the economic and physiological activity of the habitants of this sector.

To determine the water quality, 28 points were sampled, covering the entire sub-basin mentioned above. The sampling and analysis of most points have been made once a month for three months; the results are reflected in the high presence of fecal coliforms, except in the points that are in the upper part of the sub-basin where all the parameters in the legal regulations are met.

The types of pesticides analyzed were carbofuran, deltamethrin, carbaryl, thiabendazole, fluazinam and buprimate; in the points: river Blanco (middle point), river San José, river Tupigachi, canal de water channel and Ascazubi.

The results were published The results were defined in the river Tupigachi is the effluent with the highest presence of pesticides analyzed with a concentration of: 237.48 ppm Carbofuran; 495 ppm Carbaryl; 155.82 ppm of Deltamethrin; 63.42 ppm fluazinam; 26.14 ppm of Thiabendazole and 37.98 ppm of buprimate. The irrigation channel It ascends to be the most important point of the sub-basin that already exist of carbofuran and deltamethrin with 0.24 ppm and 27.17 ppm as a minimum; what confirms the presence of these pesticides in the entire path of the river Pisque.

## **Siglas y abreviaturas**

<b>°C</b>	Grado centígrado
<b>ARD</b>	Agua residual Doméstica
<b>ARI</b>	Agua residual Industrial
<b>ARM</b>	Agua residual Municipal
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado
<b>HPLC</b>	High Performance Liquid Chromatography
<b>ml</b>	Mililitros
<b>NMP</b>	Número Más Probable
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>POT</b>	Plan de Ordenamiento Territorial
<b>PPM</b>	Partes Por Millón
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Agua Residual
<b>SPE</b>	Solid Phase Extraction
<b>SS</b>	Sólidos Suspendidos
<b>SST</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>ST</b>	Sólidos Totales
	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente
<b>TULSMA</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tres cuartas partes de nuestro planeta, es decir el 97% del volumen total se encuentran cubiertas de agua (mares y océanos), un 2% se encuentran en los polos, alrededor de un 0,5 % se encuentra dentro de la corteza terrestre hasta los 5 km de profundidad aproximadamente, y el otro 0,5 % se puede observar en glaciares, lagos, ríos, vapor atmosférico y nevados (Guerrero, 2010). Siendo el agua el principal compuesto para la formación de la vida en la tierra, de ese 1% de agua que el hombre puede utilizar, alrededor de un 8% es extraída al año por el hombre para cubrir sus necesidades económicas, productivas y biológicas (Martín, López, & Monteagudo, 2009); sumado a un crecimiento acelerado de la población mundial, el agua es uno de los recursos naturales con mayor demanda en todo el globo. Tomando en cuenta que según la constitución del Ecuador el agua “es un patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible del estado” (CONSTITUCION DEL ECUADOR, 2008), el estado deberá regular y sancionar a quienes atente contra este derecho.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2012) refiere que según el uso y demanda de los recursos hídricos, se dividen en consuntivos y no consuntivos, siendo la primera los abastecimientos para regadíos, actividades industriales y fines domésticos; en tanto que los no consuntivos tienen que ver con la generación de energía, navegación, entre otras (CEPAL, 2012). En Ecuador dentro del uso consuntivo con una preponderante dotación del caudal utilizado, se encuentra la actividad agrícola con un 80%, con un 13% le sigue el uso doméstico y con un 7% el sector industrial, siendo este último la actividad más contaminante (Secretaría Nacional del Agua [SENAGUA], 2012).

A finales de la década del 70 en el Ecuador se produjo la introducción del cultivo no tradicional de las flores, con el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos, mismos que modifican las propiedades físico-químicas de los suelos por su incorrecta dosificación.

Provincias como Carchi, Chimborazo, Cañar, Azuay, Imbabura, Tungurahua, Pichincha, Cotopaxi, incluso regiones costeras como El Oro, Los Ríos y Guayas han cambiado su entorno paisajístico cubriéndolos de invernaderos de florícolas puesto que estas necesitan de un uso elevado de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para aumentar su producción, y evitar que plagas o enfermedades comprometan seriamente la calidad de sus productos (Breilh et al., 2005) . Estudios realizados en la provincia de Pichincha han revelado la presencia de varios tipos de pesticidas en las aguas de la cuenca del río Granobles, producto de la filtración de estos compuestos mediante el suelo (Breilh et al., 2005).

Según la (Corporación Financiera Nacional, 2017) el Ecuador es uno de los mayores exportadores de flores en el mundo, sumado a la alta calidad que estas poseen; lo cual implica, no presentar indicios de manchas foliares, plagas o enfermedades que estas puedan tener. Estos estándares de calidad se pueden obtener a través de un correcto manejo integrado de plagas y enfermedades, sin ser necesario el uso de agroquímicos; sin embargo, debido a la alta demanda que estos productos tienen, y con el afán de recibir mayores ganancias en el menor tiempo, la mayoría de empresas recurren al uso masivo de estos productos sin considerar la alta peligrosidad que poseen para el medio ambiente y la salud humana (Breilh et al., 2005).

Los compuestos químicos más utilizados en flores y cultivos se las pueden evidenciar en la siguiente tabla.



Tabla 1.

*Químicos usados en flores y cultivos*

<b>Químico</b>	<b>Grupo químico</b>	<b>Uso</b>
Fosetil aluminio	Fosfato	Flores – papas
Hidrocloreuro de propamocarb	Carbamato	Flores
Mancozeb	Acetamida	Flores – papas
Methiocarb	Carbamato	Flores
Metomil	Carbamato	Flores
Carbofuran	Carbamato	Flores – papas
Diazimon	Organofosforado	Flores
Demeton - S- metil	Organofosforado	Papas
Malathion	Organofosforado	Papas e otros
Metamidofos	Organofosforado	Papas - Flores
Tiociclamhidrogenoxalato	Nerehistoxina	Flores
Bromuro de metilo	Bromuro de metilo	Flores

Fuente: (Breilh et al., 2005)

Este estudio fue realizado en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha, con muestras seleccionadas y tomadas en el sector por una metodología explicada más adelante, el periodo de muestreo fue de 3 meses: junio, julio, agosto del presente año, se eligieron estos meses debido a que corresponden a la época seca en el cantón, lo que permitirá la recolección y análisis de las muestras no diluidas por la lluvia. Los puntos de muestreo seleccionados se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2.

Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas (UTM).

<b>Lugar</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Lugar</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
Río Lachimba	800900	10011069	Otón	803857	9998105

Lugar	X (m)	Y (m)	Lugar	X (m)	Y (m)
Río Blanco punto alto	821468	10003362	Río Granobles	814300,04	10000872,16
Río Chitachaca	821251	9996743	Río Guachala Canal Pisque	815291,82	10000897,75
Río Monjas	821318	9999987	Río Pisque piscinas	814074,37	10000736,21
Canal Turucucho ( estación hidrográfica)	828582	10016136	Río Pisque Puente	796746	9997332
Captación de agua potables Ayora 1	822012,87	10009417,98	La Esperanza Chimbacalle	805276	10004134
Olmedo Muyurco	810947	10010633	Santa Rosa Estación 3	828599,87	10016133,62
Ayora San Isidor Cajas	814326	10013222	Azcasubi	801847	9990482
Río Cariacu	809090	10009527	Tanque de agua potable Ayora 1	819851,41	10007780,19

Lugar	X (m)	Y (m)	Lugar	X (m)	Y (m)
Río Blanco punto medio	818074	10008094	Pozo Florícola	814281	10007585
Río San José	818553	10008094	Piscinas de oxidación Ayora	817532	10007683
Río Tupigachi	815793,15	10006300,7	Llaves de agua potable Ayora 1	818447,49	10008399,85
Río Tupigachi San Juan Loma	812264	10009492	Captación de agua potables Ayora 2	822191,21	10008720,75
Centro poblado, Estación 2 (Tracsa)	826913,42	10017530,09	Tanque de agua potable Ayora 2	819728,9	10006905,57
			Llaves de agua potable Ayora 2	819851	10007780

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S

“A nivel nacional 81248.36 hectáreas usan plaguicidas orgánicos, las cuales corresponden al 4.23% de la superficie de cultivos permanentes, y al 1.26% del total de la superficie de cultivos transitorios, para los fertilizantes químicos, la superficie de uso fue 1764426.44” (INEC, 2014).

Con el nacimiento del monocultivo, y por tanto de nuevas plagas y enfermedades, los mismos que pueden llegar a causar hasta un 40% de pérdida en la producción total a escala mundial; cada vez se hace necesario el aumento en el uso y aplicación de pesticidas para mantener la productividad en el campo (Badii & Varela, 2008).

La creciente demanda de los productos agrícolas, sumados a técnicas deficientes, empleo de pesticidas inadecuados o en dosis incorrectas traen como resultado la presencia de estos agroquímicos a lo largo de la cadena productiva conservándose en productos finales como frutas, legumbres, flores, etc., provocando un problema toxicológico tanto ambiental como de salud pública. Por lo tanto es necesario establecer metodologías que ayuden a detectar y cuantificar la presencia de estos contaminantes (Badii & Varela, 2008).

Para la realización y validación de este trabajo investigativo se ha planteado las siguientes hipótesis:

Hi: Mediante muestreo en los tres meses de época seca y el uso de técnicas analíticas en el HPLC no es posible la comprobación de la contaminación de las fuentes del río Pisque.

Ho: Mediante muestreo en los tres meses de época seca y el uso de técnicas analíticas en el HPLC es posible la comprobación de la contaminación de las fuentes del río Pisque.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- Determinar la concentración de pesticidas y la calidad de agua de potable, de acequia y residual en dos comunidades con alta presencia de plantaciones florícolas la zona de Cayambe – Tabacundo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las comunidades más representativas de análisis y el método de muestreo en triada correlativa.
- Validar internamente los métodos de análisis de plaguicidas y calidad del agua en el laboratorio de Ingeniería Ambiental.
- Muestrear y analizar el agua en laboratorio.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. Marco Legal

En el Ecuador todas las leyes (orgánicas y ordinarias), tratados internacionales, ordenanzas y decretos; están sujetas a los artículos redactados en la constitución ecuatoriana aprobada en el 2008 (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

La normativa que regula las descargas de efluentes hacia cuerpos de agua dulce se encuentra en el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) (Ministerio del Ambiente, 2015). Y en la que se puede encontrar las normas para descarga de efluentes hacia cuerpos de agua dulce tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/ 100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en disolución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días )	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno total kjendahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul del metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).

Tabla 4.

*Criterios de calidad de agua para riego agrícola.*

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible	mg/l	Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	mg/l	1000
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

### 3.2. Calidad de agua

Existen varios factores que determinan la calidad del agua, debido a los ciclos naturales del planeta y por la actividad del ser humano. Todo esto sumado a los constantes avances en



materia de cuerpos hídricos, lo que han aportado a la mejora o innovación de nuevas metodologías que ayudan a interpretar de manera más precisa los datos arrojados (Sierra, 2011).

Para asegurar de cierta manera la calidad de las fuentes hídricas para cualquier actividad, sea antes o después de un determinado proceso productivo o uso, existen dos formas que se complementan entre sí: normativa o marco regulatorio previamente aprobados, mismos que están encargados de regular y autorizar los vertidos; y niveles cuantitativos estándar que determinarán los niveles mínimos de calidad (Masters & Ela, 2011).

La normativa para calidad de agua generalmente se encuentra dividida en dos criterios fundamentales: calidad de aguas superficiales y normas de limitación de vertidos, (...). La primera determina la calidad de aguas de los receptores aguas abajo del punto de descarga y la segunda determina la calidad de las aguas residuales en el punto de descarga en sí (Ramalho, 2003).

La calidad del agua varía de acuerdo al tiempo, extensión y área de interés; así como los parámetros cuantitativos de calidad tales como DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, color, olor, dureza, OD, etc., mismos que a su vez determinarán el uso o actividad para la cual se ha estado usando dicho cuerpo de agua (Sierra, 2011).

### **3.3. Agua residual**

Las aguas residuales es la fracción líquida de todos los residuos que genera una comunidad después de llevar a cabo sus actividades productivas, añadiéndole cierto grado variable de contaminación según haya sido su uso (Vallejo, 2017). Desde la perspectiva de generación se las puede definir como la mezcla de residuos líquidos, mismas que se originan en los sectores residenciales, públicos, privados, industriales y comerciales; incluye algunas veces aguas subterráneas y pluviales (Metcalf y Eddy, 2003).

Para que el sistema de entrada-consumo de agua y descarga de agua residual sea óptimo con el fin de provocar el mínimo impacto en el ecosistema, existen dos procesos complementarios. El primero básicamente es la captación del agua, tratamiento y su distribución, mientras que el segundo es la captación de esas descargas y su respectivo proceso depurador para su posterior vertido en ríos, lagos, esteros, etc., (Masters & Ela, 2011).

Una vez realizadas las descargas, si no se realiza un proceso adecuado de depuración y tratamiento de las aguas residuales, da lugar a la descomposición de la materia orgánica lo que trae consigo malos olores, presencia de microorganismos patógenos, nutrientes que estimulan el apareamiento de algas o plantas acuáticas y compuestos tóxicos que suponen un serio riesgo de salud pública para las personas acentuadas cerca de los puntos de descarga y curso de las aguas residuales (Metcalf y Eddy, 2003).

### **3.3.1 Fuentes de las aguas residuales**

Las fuentes de aguas residuales son diferentes según la actividad para la cual hayan sido utilizadas; básicamente se les llama *aguas residuales domésticas (ARD)* a las descargas provenientes de viviendas, conjuntos residenciales, instituciones o edificios comerciales. Se considera *aguas residuales municipales (ARM)* a las descargas que son conducidas por un sistema de alcantarillado de una comunidad o población hacia una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y se denominan *aguas residuales industriales (ARI)* a los residuos líquidos resultantes de algún proceso productivo (Romero, 2016).

Las llamadas *aguas negras* son procedentes de los inodoros, transportando materia fecal y orina, con un alto contenido en sólidos suspendidos (SS), coliformes fecales, nitrógeno y en el caso del Ecuador un alto contenido en potasio debido a una costumbre en la dieta diaria de las personas. Por último se conocen como *aguas grises* a las que provienen de duchas de

baño, lavamanos y diferentes equipos de línea blanca con alta concentración en DBO<sub>5</sub>, SS, fósforo, grasas y aceites (Romero, 2016).

### 3.4. Pesticidas

#### 3.4.1. Definición

Según el Instituto Nacional de Normalización (2013) los pesticidas son:

Sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Con este término se puede abarcar a las sustancias aplicadas en todas las instancias del cultivo para proteger su deterioro en sus distintas etapas de producción (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

#### 3.4.2. Clasificación

##### 3.4.2.1. Según el agente sobre el cual actúan.

Tabla 5.

*Clasificación de pesticidas según el agente sobre el cual actúan.*

Tipo de pesticida	Blanco Biológico
Insecticida	Controlan insectos (trips, minadores, polillas, escarabajos, etc.)
Fungicidas	Actúan contra hongos que causan enfermedades a los cultivos.
Herbicidas	Ataca a malas hierbas perjudiciales para los cultivos.
Acaricidas	Combaten distintos tipos de ácaros.
Nematicidas	Controla a los nematodos.
Bactericidas	Combaten bacterias dañinas para los cultivos.
Moluscocidas	Sirven para el control de babosas y caracoles.
Rodenticidas	Principalmente utilizado contra todo tipo de roedores.

Fuente: (Ortiz et al., 2002)

### 3.4.2.2. Según al grupo químico al que pertenecen.

- **Insecticidas naturales:** las sustancias químicas de este tipo de pesticidas son de origen natural, algunas de estas son la nicotina, rotenona y las piretrinas naturales (Ortiz et al., 2002).
- **Aceites minerales:** aceites obtenidos de la extracción de petróleo (Ortiz et al., 2002).
- **Organoclorados:** como lo indica su nombre son compuestos con ingredientes activos de cloro, estos son muy persistentes en el medio ambiente debido a su alta estabilidad (Martínez & Gómez, 2007).
- **Organofosforados:** principalmente son esteres derivados de los ácidos fosfóricos, son muy persistentes en el medio ambiente y causan graves afectaciones a la salud humana como convulsiones severas, úlceras y cáncer (Martínez & Gómez, 2007).
- **Carbamatos:** su persistencia en el ambiente es menor comparada con los organoclorados y organofosforados, provienen de del dimetil carbámico (Martínez & Gómez, 2007).
- **Piretroides:** son de origen sintético, actualmente se han sintetizado un sin número de moléculas nuevas que se desconoce su afectación al humano y al ambiente.

### 3.4.2.3. Según su categoría toxicológica.

Tabla 6.

*Clasificación de pesticidas según su categoría toxicológica.*

Categoría	Definición	Dosis letal 50 ( oral aguada en ratas)
I	Extremadamente tóxico	0-5 mg/kg
II	Altamente tóxico	5-50 mg/kg
III	Medianamente tóxico	50-500 mg/kg
IV	Ligeramente tóxico	Mayor a 500 mg/kg

Fuente: (MANCIPE G. & FERNÁNDEZ A., 2010)

### **3.5. Determinación de pesticidas en agua.**

Para realizar la determinación de pesticidas en agua se deben completar 2 etapas: extracción y análisis (Eraso & Quenguan, 2015).

#### **3.5.1. Métodos de extracción – Preparación de muestra.**

Preparar la muestra consiste en la separación de los analitos y la muestra madre, esto se realiza mediante una extracción cualitativa de la muestra en concentraciones y en trazas compatibles con el resto del análisis (Eraso & Quenguan, 2015).

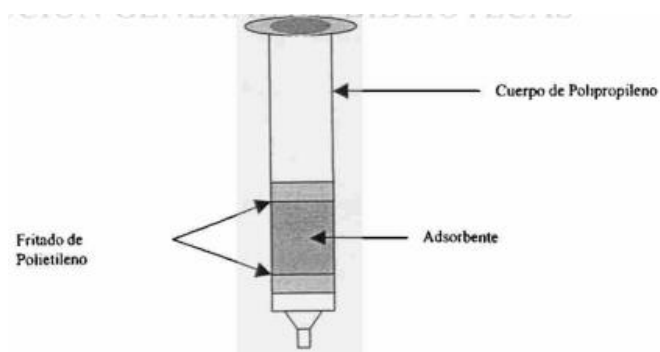
##### **3.5.1.1. Extracción líquido-líquido.**

Principalmente consiste en separar el analito del agua mediante solventes, haciendo una repartición o distribución de este entre el agua y el solvente de extracción, generalmente el hexano, cloroformo, diclorometano son útiles para esta función (Eraso & Quenguan, 2015).

##### **3.5.1.2. Extracción Fase sólida.**

Esta es la más utilizada para la extracción de pesticidas en el agua debido a que evita varios inconvenientes como el elevado consumo de solventes, separaciones incompletas, tiempo, etc (Eraso & Quenguan, 2015).

Desde 1970 esta técnica permite el procesamiento de muestras mediante succión suave, debido a su tecnología de cartuchos de adsorbentes desechables que contienen poros del tamaño de partícula que se quiera extraer (Carmona, 2006). Como se muestra en la figura 1, un cartucho SPE consta de diminutas columnas de plástico, estas son rellenas con cantidades variables entre 100mg y 500mg de material con granulometría de 50-60 mm (Carmona, 2006).



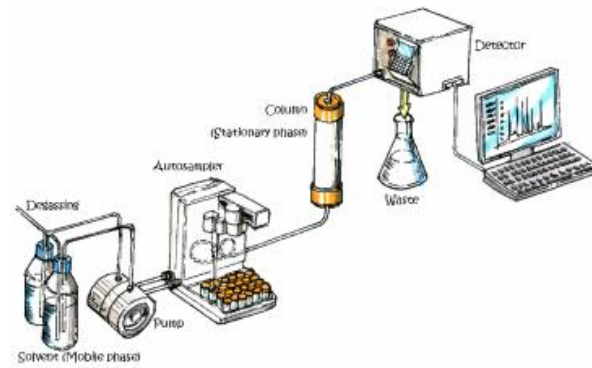
*Figura 1. Estructura general de un cartucho para SPE.*

Fuente: (Carmona, 2006)

Para realizar la extracción en SPE se deben cumplir 4 etapas. La primera etapa consiste en acondicionar el cartucho con un disolvente para activar su acción y para eliminar posibles impurezas, posteriormente se realiza la carga de muestra con la intención de retener al máximo los analitos de interés, de manera inmediata se procede con una limpieza de la matriz para finalmente realizar la elución del analito para su respectivo análisis (Carmona, 2006).

### **3.5.2. Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia.**

El análisis en HPLC se ha convertido en un método muy importante para la determinación de contaminantes ambientales (Eraso & Quenguan, 2015). Este es un método físico que se basa en la separación de analitos mediante una fase móvil y una fase estacionaria (Eraso & Quenguan, 2015). El HPLC trabaja con altas presiones que se llevan a cabo en una columna de 10 a 30 cm de longitud y de 4 a 10 mm de diámetro interno (Eraso & Quenguan, 2015). Para el desarrollo de esta técnica existen 2 formas de trabajo aceptadas y normadas: cromatografía líquida en fase normal y cromatografía en fase reversa (Eraso & Quenguan, 2015). En la primera, la superficie enlazante es polar y la fase móvil es no polar, en la segunda es lo contrario. En la figura 2 se presenta las partes de un HPLC estándar.



*Figura 2. HPLC estándar.*

Fuente: (Eraso & Quenguan, 2015)

Como se puede observar cuenta con 6 componentes principales (Eraso & Quenguan, 2015), estos serán descritos de izquierda a derecha:

- El reservorio de la fase móvil.
- La bomba que permite llevar la fase móvil a la columna.
- El automuestreador.
- La columna donde se lleva a cabo la separación.
- El detector
- El sistema de cómputo.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Reactivos y Equipos.

Tabla 7.

*Reactivos usados para el análisis de pesticidas.*

Reactivo	Fórmula molecular	Concentración
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	99,9%
Acetonitrilo	CH <sub>3</sub> CN	≥ 99,9%
Agua HPLC	H <sub>2</sub> O	-----
Sulfato de sodio anhidro	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99,00 %
Metanol	CH <sub>3</sub> OH	0,792 kg/l

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Tabla 8.

*Estándares usados para la determinación de pesticidas.*

Estándar	Fórmula molecular	Concentración
Carbofurano	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>3</sub>	98,5%
Deltametrina	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	99,5%
Carbaril	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	99,0%
Tiabendazol	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> N <sub>3</sub> S	99,0%
Fluazinam	C <sub>13</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>6</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	97,0%
Buprimato	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub> S	250g/l
Diafenthiuron	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> N <sub>2</sub> OS	250 g/l

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Los materiales y equipos usados para la fase de análisis se detallan en las tablas 8 y 9.

Tabla 9.

*Materiales usados.*

Material	Volumen
Pipeta	5 ml y 10 ml
Probeta	50 ml
Embudo de extracción	500 ml
Matr��z Erlenmeyer	500 ml
Vaso de precipitación	500 ml
Balón de aforo	10 ml, 25 ml y 50ml 1000ml



<b>Material</b>	<b>Volumen</b>
Frascos de plástico	100 ml
Viales ámbar	5 ml
Vidrio reloj	-----
Espátula	-----
Gotero	-----
Viales HPLC	-----
Filtro membrana PVDF de 0,45 micras	-----
Jeringas	-----
Papel filtro	-----

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Tabla 10.

*Equipos usados.*

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Rotavapor	Tecnal	TE-211
Bomba de vacío	GAST	DOA-P704-AA
Balanza analítica	METTLER TOLEDO	ME-T
Cabina extractora	ESCO	Frontier junior

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Además, se utilizó el HPLC (High Performance Liquid Cromatography), mismo que se subdivide o consta de tres equipos que se detallan en la tabla 10.

Tabla 11.

*Equipos usados.*

<b>HPLC</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Binary HPLC Pump	Waters	1525
Photodiode Array Detector	Waters	2998
Autosampler	Waters	2707

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

#### **4. Metodología utilizada en la parte experimental.**

##### **4.2.1. Selección de puntos de muestreo.**

El área de estudio total comprende la cuenca del Río Pisque. Previamente se tuvo en cuenta en cuenta la ubicación de los medios de producción, al igual que las descargas de aguas residuales domésticas, mismas que van directo a los ríos y son conducidos a diferentes canales de riego para cultivos a lo largo de toda la cuenca; se han establecido todos los puntos de muestreo dividiéndola en tres zonas: Cuenca alta, media y baja.

##### **Cuenca Alta.**

En esta parte de la cuenca la actividad económica es básicamente la producción de leche, pastizales, cebolla y en menor escala de papas; fue necesario evidenciar el nivel de contaminación en cuanto al exceso de fertilizantes, mismos que han sido determinados previamente mediante encuestas. Según lo han admitido los propios productores, existe un elevado uso de urea por lo cual existiría una alta contaminación con altas concentraciones de nitrógeno (Cachipuendo, 2018).

Los puntos que se encuentran en este sector de la cuenca son: El río Chitachaca en donde existe la producción de leche; el río La Chimba es el receptor directo de las aguas residuales domésticas; río Monjas en donde existe producción ganadera, sin embargo no es un centro poblado al igual que la estación Turucucho y en la parte alta del río Blanco; Olmedo-Moyurco por ser un centro poblado descarga sus aguas residuales directamente al río (Breilh et al., 2005).

##### **Cuenca media.**

En este sector también existen sistemas de producción ganadero, sin embargo es en este sector donde existe la mayor cantidad de florícolas por lo que se estima que sus efluentes contengan una alta concentración de fosfato. En este sector también existe la descarga directa de aguas residuales domésticas.

Los puntos situados en este tramo son: río San José en donde existe descarga de aguas residuales; el río Blanco (punto medio) presenta descarga de aguas residuales domésticas y presencia de pesticidas debido a la cercanía de florícolas; el río Tupigachi es el receptor de los efluentes provenientes de las florícolas acentuadas en el cantón Pedro Moncayo, por lo que este punto sería el más contaminado con pesticidas con grandes cantidades de fosfato; los ríos Granobles y Guachalá son los receptores de las aguas provenientes de los ríos anteriormente mencionados en este sector de la cuenca hidrográfica (Breilh et al., 2005).

También se han tomado muestras de pozos de agua potable de algunas florícolas con la intención de verificar si existe o no contaminación por procesos de filtración desde el suelo hasta el nivel freático.

#### **Cuenca baja.**

Se encuentran los canales para regadío de Otón, Ascazubi y la parte baja del río Pisque. Estos puntos son el tramo final de toda la cuenca en donde ya se podría evidenciar la presencia de todos los contaminantes antes mencionados

En los puntos en donde existe descarga directa de las aguas residuales domésticas el principal criterio de contaminación es la presencia de coliformes y tensoactivos.

Cabe recalcar que para análisis de calidad de agua se realizó de toda la cuenca del río Pisque como se muestra en la figura 3.

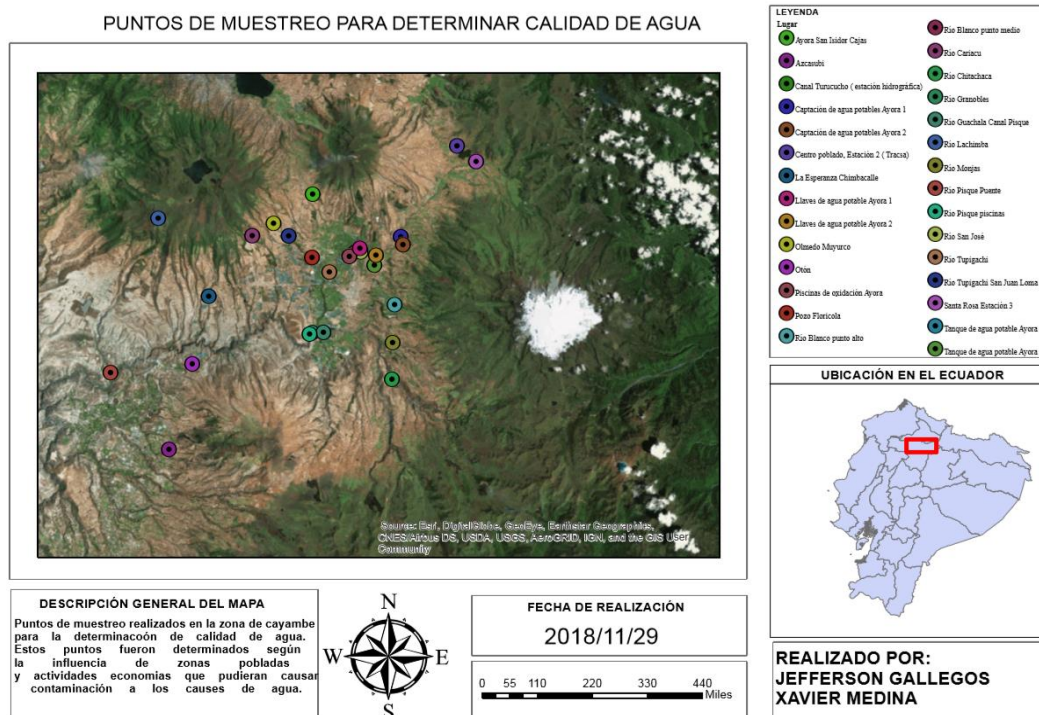
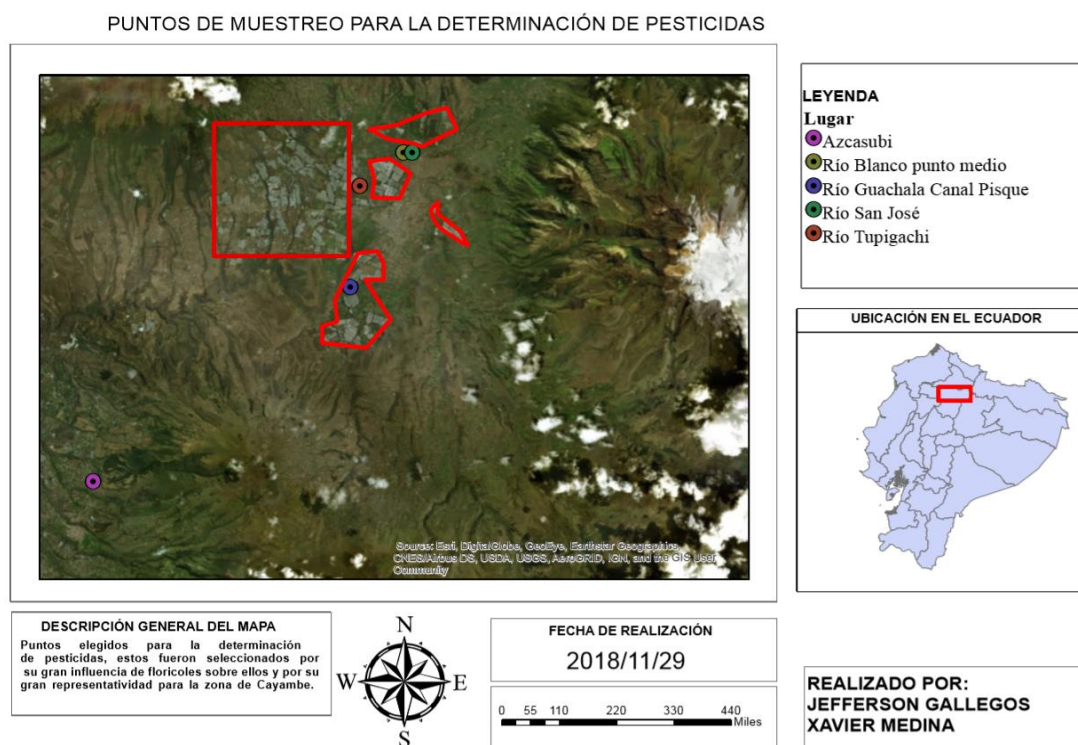


Figura 3. Mapa de puntos de muestreo para calidad de agua de la cuenca de río Píscue.

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Para la determinación de pesticidas se escogieron los puntos más cercanos a las zonas de influencia florícola como son: Río Blanco (punto medio), San José, canal de riego Guachalá y río Tupigachi; así mismo para saber su persistencia en el agua se tomó el canal de riego de Ascazubi el cual es el punto más lejano de la cuenca como se visualiza en la figura 4.



*Figura 4.* Mapa de puntos de muestreo para el análisis de pesticidas donde se observa la influencia de florícolas en cuadros rojos.

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

#### 4.2.2. Muestreo.

Al momento tomar las muestras se realizó un muestreo simple, estas se recolectaron en frascos de 2L para análisis físico químicos, 1L para análisis de pesticidas y 100 ml para análisis microbiológicos, todas las muestras fueron tomadas en plástico virgen. Para los 3 volúmenes se aplicó el mismo procedimiento se tomaba agua del río, canal o efluente, se homogenizaba 3 veces y por último se tomaba la muestra final como se aprecia en las figuras 5 y 6.



*Figura 5. Homogenización de envase.*



*Figura 6. Toma de muestra final.*

Todos los envases fueron debidamente etiquetados con los siguientes datos:

- Código del punto de muestreo.
- Nombre del punto de muestreo.
- Fecha del muestreo.
- Hora de muestreo
- Nombre del muestreador.

#### **4.2.3. Medición de caudal.**

Para realizar la medición de caudal se detectó una pequeña porción del río, canal o efluente donde el agua fluya continua y unidireccional sin la interrupción de rocas u obstáculos en lo posible. Con la ayuda del medidor laser de alta precisión marca Bosh y modelo DEL 40 que se muestra en la Figura 7 se tomó datos de ancho y profundidad del río,

canal o efluente y con la ayuda del micromolinete marca Simtech y modelo FP111 que se muestra en la Figura 8 se midió velocidad del mismo como se muestra en las figuras 7 y 8.



Figura 7. Medición de profundidad utilizando medido laser de alta precisión.



Figura 8. Medición de velocidad con ayuda del micromolinete.

Cada uno de estos datos se tomó 3 veces para finalmente realizar un promedio e introducir en la siguiente fórmula que dará el dato de caudal.

$$\begin{aligned} \text{Caudal} &= \text{promedio de ancho (m)} \times \text{promedio de profundidad(m)} \\ &\times \text{promedio de velocidad (m/s)} \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Análisis preliminares para determinar calidad de agua.

Estos análisis realizados, son los parámetros de calidad de agua; mismos que se llevaron a cabo en los laboratorios del CILEC (Centro de investigación de la Leche) acreditados por la SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano); ubicado en la Universidad Politécnica

Salesiana con sede en Cayambe, los cuales estuvieron a cargo del ingeniero Marcelo Gualavisi.

A continuación, se detalla en la Tabla 8 los parámetros analizados con su respectivo método.

Tabla 12.

*Métodos utilizados para los distintos análisis para determinar calidad de agua.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método de valoración</b>
TEMPERATURA	°C	ELECTRÓNICO HANNA
TURBIDEZ	UNF	SM 2130: B
POTENCIAL HIDRÓGENO	U pH	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	mS/cm	ELECTRÓNICO MYRON
NITRATOS	mg/L	SM. 4500-NO3 C
AMONIO	mg/L	SM. 4500-NH3 C
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	SM. 4500-N org
FOSFATOS	mg/L	SM. 4500-P E
DUREZA TOTAL	mg/L	SM. 2111 B
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	SM. 2540 A y 2540 D
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	SM. 5220 B
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	SM. 5210 B
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	SM. 5220 D
COLIFORMES TOTALES	nmp/100mL	SM 9221:C
COLIFORMES FECALES	nmp/100mL	

Datos Adicionales: U pH: unidades de pH; mg/L: miligramos por litro; nmp/100mL: número más probable cada cien mililitros.

Fuente: (CILEC, 2018)

#### **4.2.3. Análisis de pesticidas.**

Para realizar el análisis de pesticidas se realizaron varios procesos que se detallaran a continuación.



#### 4.2.3.1 Filtración de muestra

Para la filtración de muestra se realiza en un kitasato acoplado a un embudo en el cual se coloca un papel filtro, esto se lo realiza al vacío mediante una bomba como se muestra en la figura 9. Cada muestra se lleva a cabo 2 filtraciones, la primera con un papel filtro de 2  $\mu\text{m}$  de porosidad y el segundo de 0,5  $\mu\text{m}$ .



Figura 9. Equipo de filtración.

#### 4.2.3.2 Extracción líquido – líquido de pesticidas de la muestra de agua.

Para la extracción de pesticidas se colocó 500ml de muestra filtrada en un balón de separación, se añadió 5g de sal y se agitó levemente hasta su completa dilución, posteriormente se añadió 30ml de n-hexano que sirve como solvente de extracción y se agitó durante 30 minutos con periodos de reposo de muestra de 5 min (Guerrero & Veladia, 2015). Por último, se separó la fase orgánica de la fase acuosa como se observa en la figura 10.



Figura 10. Separación fase acuosa de fase orgánica.

#### 4.2.3.3 Deshidratación y concentración de la fase orgánica.

Una vez separada la fase orgánica se procede a deshidratar la misma, esto se logra realizando una filtración simple de la fase orgánica con 5g de sulfato de sodio anhidrido

(Guerrero & Veladia, 2015). Una vez deshidratada la fase orgánica pasa a ser concentrada en el rotavapor a una temperatura de 35 grados centígrados, hasta concentrar hasta aproximadamente 3ml como se muestra en la figura 11 (Guerrero & Veladia, 2015).



*Figura 11.* Concentración de muestra en rota-vapor.

Una vez concentrado se toma 0,5 de fase orgánica concentrada y se afora a 1ml de fase móvil cromatográfica en este caso acetonitrilo.

#### **4.2.3.4 Preparación de estándares para el análisis de pesticidas.**

Los pesticidas seleccionados para el análisis fueron seleccionados en base a información proporcionada por Agrocalidad y dependiendo de la disponibilidad inmediata del estándar se analizaron los siguientes: carbofuran, deltametrina, carbaril, tiabendazol, fluazinam, buprimato y diafenturion. Se inició colocando 0,1 g de estándar y se diluyó en 50ml, con esto se obtuvo una solución madre de 2000ppm, posteriormente mediante la fórmula  $C_1V_1 = C_2V_2$  se diluyó hasta obtener concentraciones de 1000, 500, 100, 50, 10, 1, 0.1 ppm.

#### **4.2.3.5 Desgasificación de muestras, estándares y fase móvil.**

Para realizar la desgasificación de estándares y muestras, se colocó cada uno de estos en frascos de vidrio ámbar de 5ml y se llevó al ultrasonido en función “desgas” durante 20 min como se observa en la figura 12. Para la desgasificación de fase móvil se preparó 300ml de la misma y se llevó al ultrasonido en función “desgas” durante 30min.



Figura 12. desgasificación de muestras y estándares.

#### 4.2.3.6 Condiciones cromatográficas de análisis.

A continuación, se presenta las condiciones cromatográficas que se usó al momento de analizar muestras y estándares en el HPLC:

Tabla 13.

*Condiciones Cromatografías.*

CONDICIONES CROMATOGRAFICAS					
COLUMNA	FASE MOVIL ACN/ AGUA	FLUJO (ml/min)	$\lambda$ (nm)	TEMPERATURA (°C)	VOLUMEN DE INYECCION ( $\mu$ l)
C18 ( 150mm x 46mm, ID 5 $\mu$ m)	65:35	0,5	240	22	50

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

#### 4.2.3.7 Análisis en HPLC e interpretación de datos.

Previo al análisis de muestras y estándares en el HPLC se realiza una última filtración en un vial de 2ml con una jeringa y un filtro de jeringa de 0,45 $\mu$ m de poro, (Eraso & Quenguan, 2015). Una vez filtrado se procede a colocar los viales de los estándares primero en orden descendente de dilución seguido de las muestras, se introduce en el HPLC las condiciones cromatografías y se corre la lectura de muestras y estándares.

Una vez que el equipo acabe de realizar la corrida, se procede a la interpretación de datos, la cual consisten en observar las áreas de los picos que el HPLC detecta como se observa en la figura 13, y se introduce estas áreas en una hoja de cálculo previamente programado para armar la curva de calibración, en el cual pide digitar las áreas de los estándares con la concentración de los mismos y este arroja la curva de calibración en una gráfica y junto a el coeficiente de determinación de la curva, con el cual se permite validar el método como se puede apreciar en la figura 14. En esta hoja de cálculo también se introduce el área del pico de las muestras y por interpolación el programa procede a dar el resultado en la concentración deseada.

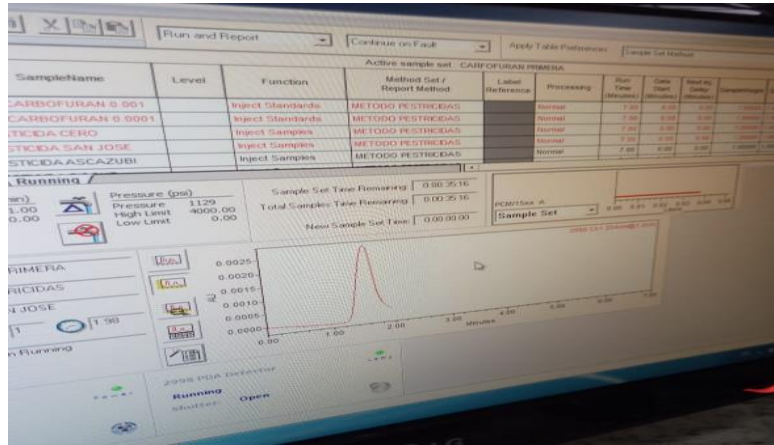


Figura 13. Pico de estándar detectado por HPLC.

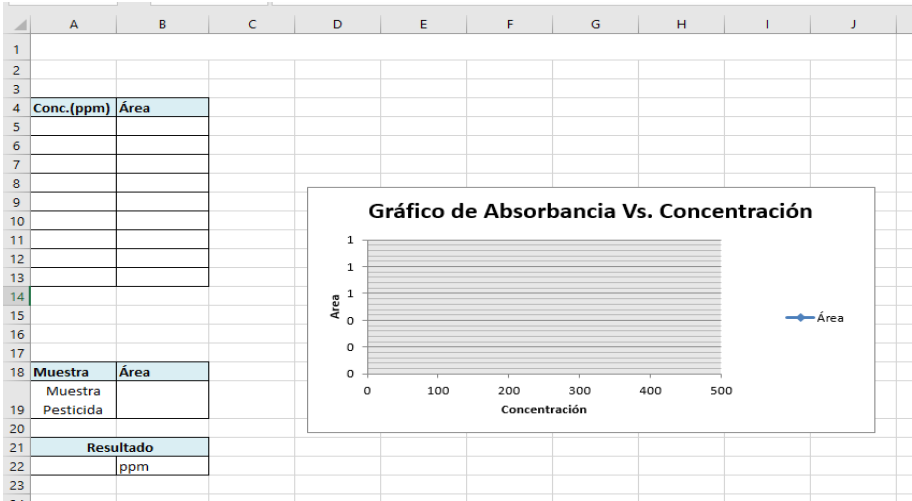


Figura 14. Excel programado para interpretación de datos.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **5.1. Resultados.**

#### **5.1.1. Análisis para determinar calidad de agua.**

A continuación, se muestran los resultados de calidad de agua obtenida, misma que se comparó con los parámetros establecidos por el TULSMA con el fin de determinar el estado en que se encuentran dichos efluentes.

Cabe mencionar, que en la mayoría de los puntos seleccionados se han realizado tres muestreos (uno cada mes), los cuales en la tabla 14 se muestran los resultados a manera de promedio, mientras que algunos puntos se realizó solo un muestreo, estos se colocaron directamente sus resultados en la tabla. El resultado individual de cada punto con su respectivo análisis se encuentra en la sección de anexos.

Tabla 14.

*Promedios de resultados obtenidos de los análisis.*

Lugar	N° muestreos	Temperatura (°C)	Turbidez (UNF)	Potencial de hidrógeno (U pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)	Nitrógeno total (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Sólidos totales (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes totales (nmp/100ml)	Coliformes fecales (nmp/100ml)
Río Lachimba	3	13,07	4,91	7,60	0,04	1,09	<1,01	3,24	0,35	17,53	0,04	8,50	<4,75	<10	110,00	<1
Río Blanco punto alto	3	13,67	3,82	7,56	0,34	1,26	<1	<0,50	<0,5	106,21	0,24	8,04	<4,75	10,00	1520,00	150,00
Río Chitachaca	3	11,53	4,38	7,85	0,09	1,12	<1,00	<0,50	<0,5	32,39	0,09	8,18	<4,75	<10,00	136,67	55,00
Río Monjas	3	10,93	8,79	7,85	0,21	1,27	<1,00	<0,50	<0,336	88,07	0,14	8,44	<4,75	<10,00	246,67	70,00
Canal Turucuecho (estación hidrográfica)	2	12,30	2,33	7,52	0,07	0,81	<1,00	0,50	<0,50	13,35	0,09	7,85	<4,75	<10,00	115,00	60,00
Captación de agua potables Ayora 1	1	9,50	0,34	6,86	0,21	1,34	<1,00	<0,50	<0,50	79,49	0,21	6,65	<4,75	<10,00	2,7x104	6,3x103
Olmedo Muyurco	3	13,07	13,47	7,88	0,11	1,20	<1,00	0,00	0,35	33,38	0,12	8,47	<4,75	<10,00	2033,33	503,33
Ayora San Isidor Cajas	3	12,97	9,93	4,88	6,05	1,18	<1,00	2,38	0,54	41,41	0,23	5,99	<4,75	<10,00	50366,67	4150,00
Río Cariacu	3	12,93	21,40	7,74	0,13	1,48	<1,00	2,11	<0,35	37,01	0,18	7,86	10,00	25,00	13593,33	1360,00
Río Blanco punto medio	3	11,07	5,87	7,26	0,30	2,12	<1,00	0,50	0,41	146,16	0,28	8,22	<4,75	<10,00	44000,00	26666,67
Río San José	3	13,20	5,50	7,68	0,12	1,39	<1,00	8,17	0,81	30,43	0,17	7,33	<4,75	<10,00	120866,67	13433,33
Río Tupigachi	3	11,93	7,70	7,70	0,21	4,11	<1,00	<0,35	0,63	97,37	0,23	7,58	<4,75	<10,00	19966,67	7603,33
Río Tupigachi San Juan Loma	3	13,23	24,62	7,69	0,13	1,07	<1,00	0,39	0,24	35,95	0,19	7,45	<4,75	<10,00	7666,67	576,67
Centro poblado, Estación 2 (Tracsa)	3	11,57	4,73	7,31	0,07	0,81	<1,00	2,46	0,01	16,45	0,10	8,02	<4,75	<10,00	557,00	247,00
Otón	3	11,93	4,76	7,56	0,17	2,21	<1,00	0,79	0,94	59,71	0,13	7,82	<4,75	<10,00	17200,00	3240,00
Río Granobles	3	13,53	11,44	8,05	0,31	5,33	<1,00	1,43	0,81	52,97	0,34	8,12	<4,75	<10,00	49366,67	26567,00
Río Guachala Canal Pisque	3	13,53	20,08	7,50	0,13	2,44	<1,00	<0,35	0,48	54,49	0,15	8,02	9,00	22,00	34880,00	35450,00
Río Pisque piscinas	3	13,50	13,50	7,57	0,16	2,47	<1,00	4,77	0,28	58,56	0,17	8,38	13,00	31,00	330500,00	76266,67
Río Pisque Puente	3	13,70	8,45	8,17	0,45	3,75	<1,0	37,99	0,86	116,03	0,42	8,17	5,16	12,00	153100,00	9606,67
La Esperanza Chimbacalle	3	11,33	21,20	7,86	0,13	1,79	<1,00	<0,35	<0,35	48,25	0,19	6,75	<4,75	<10,00	12633,33	2810,00
Santa Rosa Estación 3	3	11,43	6,59	7,36	0,07	0,98	<1,00	3,82	0,65	28,89	0,14	7,91	<4,75	<10	9490,00	6941,00
Azcasubi	3	11,50	3,99	7,76	0,17	1,88	<1,00	<0,50	0,92	57,61	0,71	7,79	<4,75	<10,00	21433,33	5500,00
Tanque de agua potable Ayora 1	1	10,20	0,33	6,61	0,21	1,80	<1,00	<0,50	<0,50	80,66	0,20	3,97	<4,75	<10,00	2,7x104	6,3x103
Pozo Floricola	3	11,23	0,86	7,07	0,28	3,87	<1,00	<0,50	<0,50	93,81	0,22	7,17	<4,75	<10,00	40,00	<1
Piscinas de oxidación Ayora	1	16,00	65,20	6,62	1,21	1,85	<1,0	41,98	17,46	32,73	0,68	7,01	62,00	148,50	2,3x106	1,2x106
Llaves de agua potable Ayora 1	1	9,80	0,31	6,86	0,21	1,31	<1,00	<0,50	<0,50	91,15	0,20	6,32	<4,75	<10,00	30,00	<1
Tanque de agua potable Ayora 2	1	10,10	0,30	6,76	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	74,57	0,21	6,23	<4,75	<10,00	40,00	<1
Llaves de agua potable Ayora 2	1	9,90	0,70	7,06	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	75,67	0,18	7,22	<4,75	<10,00	<1	<1

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Fuente: (CILEC, 2018)

Como se puede observar en la tabla 14, según los resultados obtenidos en los parámetros de calidad de agua, se puede constatar que los puntos: Río Lachimba, Río Blanco (punto alto), Río Chitachaca, Río Monjas, Canal Turuchucho, canal Olmedo-Moyurco, San Juan Loma, Centro poblado (estación 2 Tracsa), pozo florícola, tanque de agua potable Ayora 2, Llave de agua potable Ayora 1 y Llave de agua potable Ayora 2 cumplen con todos los parámetros de calidad de agua; por lo cual el estado de estos cauces son buenos; estos puntos se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca.

El tanque Ayora 1 pese a ser una captación de agua potable, presenta un exceso en coliformes fecales con una concentración de  $6,3 \times 10^3$  mnp/100ml, lo cual denota cierta deficiencia o falla en su sistema de captación. Este punto también se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Pisque.

Los puntos restantes al igual que el anterior cumplen con todos los parámetros de calidad, a excepción de la cantidad de coliformes fecales presentes; debido a que son receptores de las aguas residuales domésticas.

#### **5.1.2. Análisis de pesticidas.**

A continuación, se presentarán los análisis realizados en el HPLC para la determinación de pesticidas, en los cuales se puede ver la curva de calibración con los respectivos valores de área y concentración, así como la tabla final con las áreas de detección de la muestra y su respectivo valor en concentración.

##### **5.1.2.1. Carbofurán.**

El carbofurán es un pesticida carbamato que está actualmente prohibido su uso y venta en el Ecuador (Agrocalidad, 2018). Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:

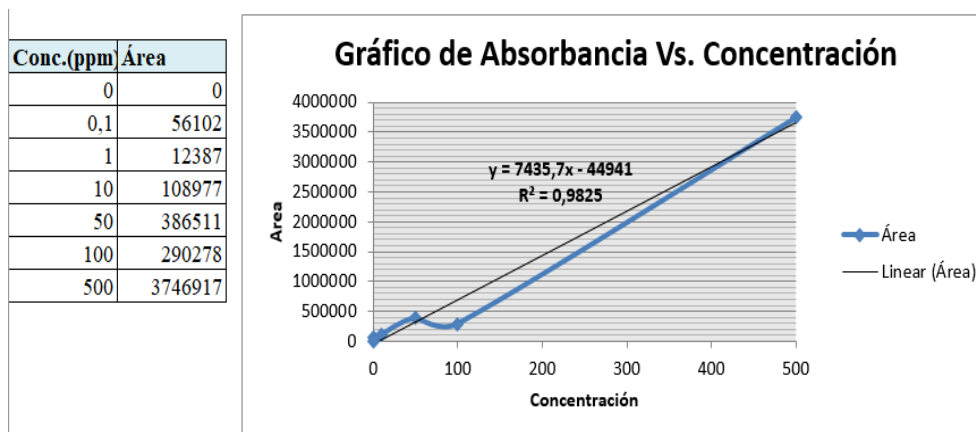


Figura 15. Curva de calibración del carbofurán.

Como se puede observar en la figura 15 la curva de calibración del carbofurán el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9825.

Tabla 15.

*Resultados de concentración de carbofurán obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.*

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
CANAL DE ASCAZUBI	46670	0,24
CANAL DEL PISQUE	235955	25,69
MUETRA CERO	0	0
RÍO BLANCO	308091	35,39
RÍO TUPIGACHI	1810652	237,48
RÍO SAN JOSÉ	151033	14,26

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

A pesar de la prohibición de este pesticida se detectaron concentraciones alarmantes en las distintas muestras analizadas.

#### 5.1.2.2. Carbaril.

El carbaril es un pesticida carbamatado utilizado como insecticida y nematicida (Agrocalidad, 2018). Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:





Figura 16. Curva de calibración del carbaril.

Como se puede observar en la figura 16 la curva de calibración del carbaril el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9838.

Tabla 16.

*Resultados de concentración de carbaril obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.*

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
MUESTRA CERO	0	0
CANAL DE ASCAZUBI	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO BLANCO	76732	16,69
CANAL DEL PISQUE	235955	25,69
RÍO SAN JOSÉ	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO TUPIGACHI	1782155	495

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Tomando en cuenta que el límite permisible tanto para agua de riego y agua de descarga a cuerpos de agua dulce es de 0,1 ppm el Río Blanco, canal de riego del Pisque y el río Tupigachi tienen concentraciones que sobrepasan la norma.

### 5.1.2.3. Buprimato.

El buprimato es un pesticida usado como fungicida. Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:



Figura 17. Curva de calibración del buprimato.

Como se puede observar en la figura 17 la curva de calibración del buprimato el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9745.

Tabla 17.

Resultados de concentración de buprimato obtenidos de las muestras analizados en HPLC.

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
CANAL DE ASCAZUBI	SIN AREA DETECTABLE	0
CANAL DEL PISQUE	287752	0,32
CERO	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO BLANCO	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO TUPIGACHI	591422	37,98
RÍO SAN JOSÉ	926403	79,53

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S.

Al no existir una legislación clara para este tipo de pesticida, no se puede comparar de una manera fiable su presencia en el agua, aun así, los valores de pesticidas en el río San José y Tupigachi son altos.

#### 5.1.2.4. Deltametrina.

La deltametrina es un pesticida piretroide comúnmente usado como insecticida (Agrocalidad, 2018). Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:

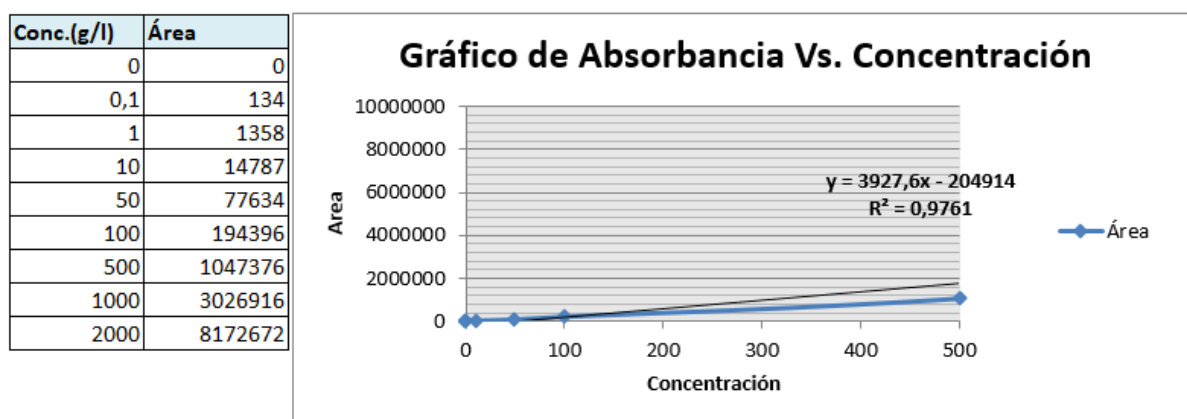


Figura 18. Cuerva de calibración de la deltametrina.

Como se puede observar en la figura 18 la curva de calibración de la deltametrina el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9761.

Tabla 18.

Resultados de concentración de la deltametrina obtenidos de las muestras analizados en HPLC.

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
CANAL DE ASCAZUBI	211637	27,17
CANAL DEL PISQUE	188204	21,2
MUESTRA CERO	0	0
RÍO BLANCO	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO SAN JOSÉ	218091	28,82
RÍO TUPIGACHI	716820	155,82

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S

En la legislación del Ecuador no se encuentra nada concreto respecto a los piretroides, aun así, las concentraciones en la mayoría de los puntos son altas lo que indica un gran uso de este insecticida en las zonas aledañas de estudio.

#### 5.1.2.5. Fluazinam.

El fluazinam es un pesticida organoclorado con un amplio campo de acción contra distintos tipos de plagas (Agrocalidad, 2018). Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:

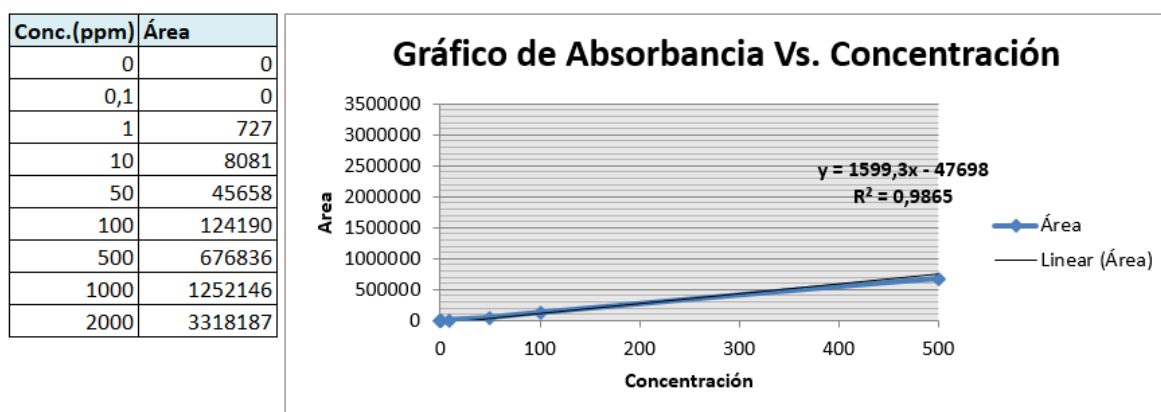


Figura 19. Cuerva de calibración del fluazinam.

Como se puede observar en la figura 19 la curva de calibración del fluazinam el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9865.

Tabla 19.

Resultados de concentración del fluazinam obtenidos de las muestras analizados en HPLC.

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
RÍO TUPIGACHI	149094	63,41
RÍO SAN JOSÉ	SIN AREA DETECTABLE	0
RÍO BLANCO	SIN AREA DETECTABLE	0
CANAL DE ASCAZUBI	SIN AREA DETECTABLE	0
CANAL DEL PISQUE	100476	33
CERO	SIN AREA DETECTABLE	0

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S

La legislación del Ecuador establece que, tanto para aguas de riego como descarga para cuerpos de agua dulce, el límite máximo permisible para organoclorados es 0,2 ppm los cual el río Tupigachi como la canal del Pisque pasa por mucho la norma con valores de 63,41 y 33 ppm respectivamente.

### 5.1.2.6. Thiabendazol.

El thiabendazol es un pesticida organofosforado ampliamente usado como insecticida (Agrocalidad, 2018). Se realizó el análisis y se dieron los siguientes resultados:

Conc.(ppm)	Área
0	0
0,1	1567
1	1849
10	20965
50	104824
100	311327
500	1556635
1000	4903401
2000	8173648

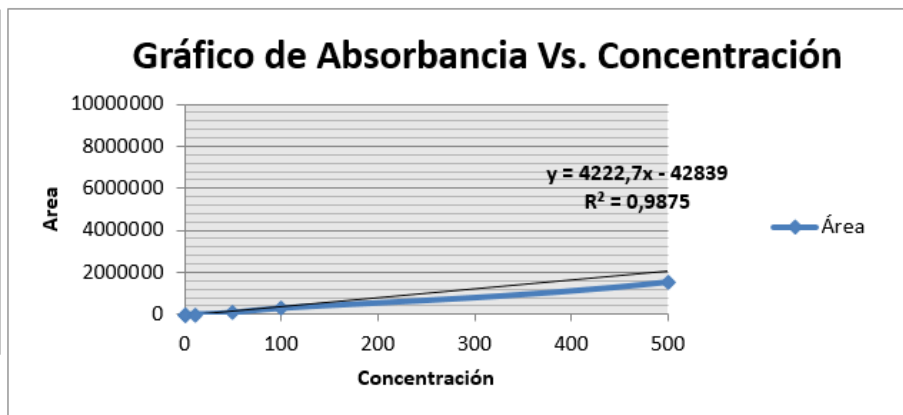


Figura 20. Curva de calibración del thiabendazol.

Como se puede observar en la figura 20 la curva de calibración del thiabendazol el coeficiente de determinación de esta fue de 0,9875.

Tabla 20.

Resultados de concentración del thiabendazol obtenidos de las muestras analizadas en HPLC.

RÍO ANALIZADO	AREA DE DETECCIÓN	CONCENTRACIÓN (ppm)
RÍO TUPIGACHI	153224	26,14
RÍO SAN JOSÉ	129315	20,47
RÍO BLANCO	125487	19,57
CANAL DE ASCAZUBI	SIN AREA DETECTABLE	0
CANAL DEL PISQUE	100439	13,64
MUESTRA CERO	SIN AREA DETECTABLE	0

Elaborado por: Gallegos J. & Medina S

La legislación del Ecuador establece que, tanto para aguas de riego como descarga en cuerpos de agua dulce, el límite máximo permisible para organofosforados es 0,1 ppm. Sin embargo la mayoría de los puntos muestreados sobrepasan la norma, a excepción del canal de Azcasubi que no se detectó el contaminante.

## **5.2. Discusión.**

Aproximadamente el 33% de la población económicamente activa del cantón Cayambe se desarrolla en el sector de florícolas y el 42,60% en el sector agropecuario en general, esto denota la gran importancia que tiene esta actividad económica en la zona (GAD Cayambe, 2015). La gran dependencia del sector por las actividades agrícolas así como la demanda en el mercado nacional y global han hecho que florícolas, viveros y cultivos en general tenga que hacer uso de pesticidas de distintas características para poder soportar dicha demanda de productos, esto ha llevado al cantón a una contaminación grave de sus ríos, causes, aguas de riego e incluso agua potable con productos posiblemente dañinos para la salud humana y perjudiciales para el medio ambiente tanto a nivel de flora como de fauna, prueba de esto es que entre el año 2000 y 2008 se redujo un 0,05% de cuerpos de agua dulce debido a entre otros factores a la contaminación de los mismos (GAD Cayambe, 2015). Según el GAD Cayambe (2015), debido a la deficiencia en la distribución de agua potable, parte de la población está mezclando agua de riego con agua potable para poder satisfacer sus necesidades, esto podría llevar a un grave problema de salud ya que en esta investigación se detectó presencia de pesticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides y piretrinas en 2 de los canales principales de riego del cantón como son el canal de Ascazubi y canal el Pisque. Según el Plan de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1993), las distintas variedades de pesticidas están relacionados con problemas a nivel de “morbilidad oncológica (cáncer), pulmonar y hematológica, así como a las deformidades congénitas y deficiencias del sistema inmunitario” (PNUMA, 1993).

En consideración del necesario uso de pesticidas para la sostenibilidad del actual sistema productivo agrícola, no se toma en cuenta los prejuicios que estos traen a la salud y al medio ambiente, debido a su fácil propagación especialmente en el agua, por medio de escurrimiento e infiltraciones (Da Ros, 1995). Es necesario desarrollar metodologías para

identificar y cuantificar los mismos tanto en agua como en alimentos y en el ambiente en general (Fernández, Mancipe, & Fernández, 2010). Esta investigación ha validado un método de identificación y cuantificación de pesticidas lo cual podría permitir a las autoridades del Cantón reformular las políticas de control y seguimiento con el fin de precautelar la salud de la población.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones.**

- Con el método de triada correlativa se logró identificar las zonas más influyentes tanto para el muestreo de 3 meses, la determinación de calidad de agua y el análisis de la cuenca con el fin de efectuar la cuantificación de pesticidas en los puntos más significativos.
- Mediante el análisis de los distintos parámetros se logró determinar la calidad de agua de la cuenca del río Pisque que influye directamente sobre el cantón Cayambe, así mismo se logró validar el método para pesticidas, tanto en su etapa de extracción de las muestras de agua como en su etapa de análisis, ya que se obtuvieron valores mayores al 97% en las curvas de calibración, detectándose concentraciones de pesticidas en HPLC provenientes del método usado.
- Al realizar el análisis en el laboratorio de las muestras tomadas en campo, los resultados obtenidos indican una moderada contaminación en la laguna de oxidación de Ayora con una alta presencia en coliformes totales y fecales de  $2,3 \times 10^6$  NMP/100ml y  $1,2 \times 10^6$  NMP/100ml respectivamente.
- La contaminación existe en distintos ríos y canales de riego, los cuales superaban la normativa establecida en la legislación ecuatoriana. Se logró determinar pesticidas prohibidos hace un año tal es el caso del carbofurán (identificado como cancerígeno por la OMS) el cual en el río Tupigachi alcanza valores de 237ppm.
- Se logró realizar exitosamente el muestreo durante 3 meses de agua, así como mediante las distintas metodologías se ejecutó los análisis pertinentes para la determinación de calidad de agua y pesticidas.



## **6.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda no realizar los muestreos en épocas lluviosas ya que el aumento del caudal de los cauces dificultará esta actividad, adicionalmente los contaminantes a encontrar, determinar y analizar se verán diluidos y los resultados no tendrán el nivel de precisión requerida.
- Realizar el análisis de pesticidas en puntos de captación o abastecimiento para agua potable, con el propósito de verificar si existe o no algún mecanismo de transporte de estos compuestos hacia las viviendas de los pobladores del cantón Pedro Moncayo.
- Realizar la determinación de otros tipos de pesticidas que puedan existir en los puntos analizados.
- Investigar métodos de tratamiento que sirvan para descontaminar los efluentes con pesticidas como procesos de oxidación avanzada, y permitir que estos se degraden más rápidamente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (2018). No Title. Retrieved from <http://www.agrocalidad.gob.ec/>
- Badii, M. H., & Varela, S. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *Culcyt // Toxicología de Insecticidas*, (28), 5–17.
- Breilh, J., LabraMaría, Merino, G., Maldonado, A., Franco, S., Noriega, M., ... Edgar, M. (2005). INFORME ALTERNATIVO SOBRE LA SALUD EN AMÉRICA LATINA, 22. Retrieved from [www.ghwatch.org](http://www.ghwatch.org)
- Cachipiendo, C. (2018). *Metodología para elección de puntos de muestreo en el Cantón Cayambe*.
- Carmona, F. (2006). *Desarrollo y validación de un método de extracción en fase sólida para la determinación de plaguicidas cationicos (CUATS) en alimentos*. Universidad Autónoma de Nuevo León . Retrieved from <http://eprints.uanl.mx/6922/1/1080146383.PDF>
- CILEC. (2018). *No Title*. Cayambe.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012a). *DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL AGUA I ECUADOR-CEPAL: Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012b). *DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL AGUA I ECUADOR-CEPAL: Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador*. Retrieved from <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las Estadísticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf>
- CONSTITUCION DEL ECUADOR. (2008). Constitución del Ecuador - 2008. *Registro Oficial*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Corporación Financiera Nacional, (CFN). (2017). *Ficha sectorial: cultivo de flores*.

Retrieved from <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2017/10/FS-Cultivo-de-Flores-octubre-2017.pdf>

Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador*. Instituto de Investigaciones Económicas, P.U.C.E.

Eraso, E., & Quenguan, F. (2015). *Determinación de plaguicidas organofosforados y carbamatos en agua para consumo humano del departamento de Nariño, mediante la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC-VWD)*. Universidad de Nariño. Retrieved from <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90897.pdf>

Fernández, D., Mancipe, L., & Fernández, D. (2010). *Med. Revista Med* (Vol. 18). Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562010000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562010000100009&script=sci_arttext&tlng=en)

GAD Cayambe, G. autónomo descentralizado de C. (2015). *Plan de ordenamiento territorial y desarrollo del cantón Cayambe*. Retrieved from [http://181.112.151.230:8081/attachments/download/676/PDOT cantón Cayambe 2015-2025.pdf](http://181.112.151.230:8081/attachments/download/676/PDOT%20cant%C3%B3n%20Cayambe%202015-2025.pdf)

Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. PEARSON PRENTICE HALL.

Guerrero Dallos Jairo Arturo, & Velandia Rodríguez Nancy Yohanna. (2014). Comparación de dos metodologías para la determinación de residuos de plaguicidas en agua potable. *Revista Colombiana de Química*, 43(1), 17–247. <https://doi.org/10.1021/cr60270a002>

Guerrero, M. (2010). *El agua*. México D.F. Retrieved from <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2708/lib/bibliotecaupssp/reader.action?docID=3190850&query=El+agua+>

- INEC. (2014). Uso Manejo de Agroquímicos en la Agricultura. *Ecuadorencifras*.  
Retrieved from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2014/Modulo\\_Uso\\_y\\_Manejo\\_de\\_Agroquimicos.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2014/Modulo_Uso_y_Manejo_de_Agroquimicos.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2078 : 2013 Plaguicidas Y Productos Afines De Uso Agrícola . *Uruguay*, 1–19.  
Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INENE-2634-Plasticos-post-consumo.pdf>
- MANCIPE G., L. C., & FERNÁNDEZ A., D. C. (2010). *Med. Revista Med* (Vol. 18). Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562010000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562010000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
- Martín, W. F., López, E., & Monteagudo, J. P. (2009). *Gestión y uso racional del agua*. (A. Cabal, Ed.). La Habana. Retrieved from <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2708/lib/bibliotecaupssp/detail.action?docID=3191661&query=gestion+del+agua+>
- Martínez, C., & Gómez, S. (2007). *Revista internacional de contaminación ambiental*. *Revista internacional de contaminación ambiental* (Vol. 23). Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992007000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000400004)
- Masters, G., & Ela, W. (2011). *Introducción a la ingeniería medioambiental*.
- Metcalf y Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente, M. Libro vi 1 anexo 6, Tulsma § (2015).
- Ortiz, F., López, M., Fernandez, M., Yruela, M., Navas, J., López, J., ... Caballero, E.

- (2002). *Aplicación de Plaguicidas*. (JUNTA DE ANDALUCIA, Ed.) (1st ed.). Córdoba. Retrieved from [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165055Aplicaciones\\_de\\_Plagicidas\\_Nivel\\_Cualificado\\_Manual\\_y\\_Ejercicios\\_\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165055Aplicaciones_de_Plagicidas_Nivel_Cualificado_Manual_y_Ejercicios__BAJA.pdf)
- PNUMA. (1993). *Plan de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Retrieved from <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10609/K1350046.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramalho, R. S. (2003). *Introduction to Wasterwater Treatement Processes*. (D. Jiménez, F. de Lora, & R. S. Ramalho, Eds.) (Segunda ed). Londres: Academic Press, Inc. (LONDON) LTD.
- Romero, J. A. (2016). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño*. Escuela colombiana de ingeniería.
- Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). (2012). *INFORME DE GESTIÓN 2012 SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA*.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico*. (L. D. López, Ed.) (Primera ed). Medellín: Ediciones de la U.
- Vallejo, R. (2017). Evaluación de la eficiencia de la oxidación avanzada para la descontaminación de efluentes con ibuprofeno y paracetamol a escala de laboratorio. *Repositorio Insitucional*. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec:8080/handle/123456789/14901>



## 8. ANEXOS

Lugar	N. de muestra	Temperatura ( °C)	Turbidez (UNF)	Potencial de hidrógeno (U pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Amonio ( mg/l)	Nitrógeno total ( mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Sólidos totales ( mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO ( mg/l)	DQO ( mg/l)	Coliformes totales (nmp/100ml)	Coliformes fecales (nmp/100ml)
Río Lachimba	MES 1	11,10	3,02	7,97	0,04	1,75	<1,00	2,86	<0,5	13,38	0,04	8,98	<4,75	<10,00	10,00	<1
	MES 2	11,40	2,32	7,33	0,04	0,95	<1,00	<0,05	<0,05	6,49	0,02	9,46	<4,75	<10,00	20,00	<1
	MES 3	16,70	9,38	7,49	0,03	0,57	<1,00	3,61	<0,5	32,73	0,07	7,07	<4,75	<10,00	300,00	<1
	PROMEDIO	13,07	4,91	7,60	0,04	1,09	<1,01	3,24	0,35	17,53	0,04	8,50	<4,75	<10	110,00	<1
Río Blanco punto alto	MES 1	13,50	5,05	6,91	0,29	0,90	<1,00	<0,50	<0,50	102,23	0,13	8,65	<4,75	<10,00	60,00	30,00
	MES 2	15,90	2,98	7,80	0,37	1,08	<1,0	<0,50	<0,50	32,73	0,31	7,73	<4,75	<10,00	500,00	<1
	MES 3	11,60	3,44	7,98	0,36	1,80	<1,00	<0,50	<0,50	183,67	0,27	7,73	<4,75	<10,00	4000,00	270,00
	PROMEDIO	13,67	3,82	7,56	0,34	1,26	<1	<0,50	<0,5	106,21	0,24	8,04	<4,75	10,00	1520,00	150,00
Río Chitachaca	MES 1	9,80	3,99	7,77	0,08	0,87	<1,00	<0,50	<0,50	30,57	0,06	8,89	<4,75	<10,00	250,00	100,00
	MES 2	13,30	5,22	7,60	0,10	1,10	<1,00	<0,50	<0,50	26,15	0,08	7,86	<4,75	<10,00	50,00	10,00
	MES 3	11,50	3,94	8,17	0,10	1,39	<1,00	<0,50	<0,50	40,45	0,12	7,80	<4,75	<10,00	110,00	<1
	PROMEDIO	11,53	4,38	7,85	0,09	1,12	<1,00	<0,50	<0,5	32,39	0,09	8,18	<4,75	<10,00	136,67	55,00
Río Monjas	MES 1	9,80	14,20	7,72	0,20	1,21	<1,00	<0,50	<0,50	93,18	0,11	9,30	<4,75	<10,00	360,00	180,00
	MES 2	12,30	5,82	7,53	0,21	1,03	<1,00	<0,50	0,01	73,05	0,10	8,55	<4,75	<10,00	340,00	10,00
	MES 3	10,70	6,34	8,30	0,22	1,57	<1,00	<0,50	<0,50	97,99	0,21	7,47	<4,75	<10,00	40,00	20,00
	PROMEDIO	10,93	8,79	7,85	0,21	1,27	<1,00	<0,50	<0,336	88,07	0,14	8,44	<4,75	<10,00	246,67	70,00
Canal Turucucho ( estación hidrográfica)	MES 1	15,20	2,17	7,54	0,08	0,72	<1,00	<0,50	<0,50	16,80	0,10	7,87	<4,75	<10,00	100,00	60,00
	MES 2	9,40	2,48	7,50	0,06	0,90	<1,00	<0,50	<0,50	9,90	0,07	7,82	<4,75	<10,00	130,00	<1
	MES 3															
	PROMEDIO	12,30	2,33	7,52	0,07	0,81	<1,00	0,50	<0,50	13,35	0,09	7,85	<4,75	<10,00	115,00	60,00
Captación de agua potables Ayora 1	MES 1	9,50	0,34	6,86	0,21	1,34	<1,00	<0,50	<0,50	79,49	0,21	6,65	<4,75	<10,00	2,7x10 <sup>4</sup>	6,3x10 <sup>3</sup>
	MES 2															
	MES 3															
	PROMEDIO	9,50	0,34	6,86	0,21	1,34	<1,00	<0,50	<0,50	79,49	0,21	6,65	<4,75	<10,00	2,7x10 <sup>4</sup>	6,3x10 <sup>3</sup>
Olmedo Muyurco	MES 1	11,90	17,30	7,78	0,09	1,08	< 1,00	< 0,50	< 0,50	41,09	0,11	8,78	< 4,75	< 10,00	1200,00	680,00
	MES 2	10,90	2,60	7,92	0,10	0,87	<1,00	<0,05	<0,05	26,31	0,02	9,55	<4,75	<10,00	2400,00	730,00
	MES 3	16,40	20,50	7,93	0,14	1,64	<1,0	0,00	<0,5	32,73	0,23	7,09	<4,75	<10,00	2500,00	100,00
	PROMEDIO	13,07	13,47	7,88	0,11	1,20	<1,00	0,00	0,35	33,38	0,12	8,47	<4,75	<10,00	2033,33	503,33

Lugar	N. de muestra	Temperatura ( °C)	Turbidez (UNF)	Potencial de hidrógeno (U pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Amonio ( mg/l)	Nitrógeno total ( mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Sólidos totales ( mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO ( mg/l)	DQO ( mg/l)	Coliformes totales (nmp/100ml)	Coliformes fecales (nmp/100ml)
Ayora San Isidor Cajas	MES 1	11,20	19,15	7,20	0,14	1,03	< 1,00	0,21	0,54	57,26	0,16	8,94	< 4,75	< 10,00	2100,00	550,00
	MES 2	16,10	7,98	0,16	17,80	1,18	<1,0	4,55	<0,50	32,73	0,35	7,55	<4,75	<10	29000,00	5500,00
	MES 3	11,60	2,65	7,29	0,20	1,34	<1	<0,5	<0,5	34,25	0,17	1,47	<4,75	<10	120000,00	6400,00
	PROMEDIO	12,97	9,93	4,88	6,05	1,18	<1,00	2,38	0,54	41,41	0,23	5,99	<4,75	<10,00	50366,67	4150,00
Río Cariacu	MES 1	11,00	6,13	7,89	0,11	1,11	< 1,00	2,11	< 0,50	46,45	0,12	8,85	< 4,75	< 10,00	980,00	380,00
	MES 2	11,50	50,70	7,66	0,11	1,36	<1,00	<0,05	<0,05	31,84	0,20	7,48	<4,75	<10,00	2800,00	1000,00
	MES 3	16,30	7,37	7,68	0,16	1,98	<1,0	<0,50	<0,5	32,73	0,21	7,26	10,00	25,00	37000,00	2700,00
	PROMEDIO	12,93	21,40	7,74	0,13	1,48	<1,00	2,11	<0,35	37,01	0,18	7,86	10,00	25,00	13593,33	1360,00
Río Blanco punto medio	MES 1	9,30	5,99	7,52	0,30	1,49	<1	<0,5	<0,5	175,67	<0,01	8,74	<4,75	<10	4000,00	3000,00
	MES 2	12,60	5,65	7,61	0,31	3,69	<1	<0,5	<0,5	128,01	0,27	8,38	<4,75	<10	81000,00	62000,00
	MES 3	11,30	5,97	6,64	0,30	1,18	<1,00	<0,50	0,41	134,79	0,28	7,55	<4,75	<10,00	47000,00	15000,00
	PROMEDIO	11,07	5,87	7,26	0,30	2,12	<1,00	0,50	0,41	146,16	0,28	8,22	<4,75	<10,00	44000,00	26666,67
Río San José	MES 1	12,30	4,53	7,74	0,10	1,64	<1,00	<0,50	<0,50	31,47	0,10	7,98	<4,75	<10,00	17600,00	11300,00
	MES 2	11,10	6,73	6,95	0,09	0,90	<1,00	<0,05	<0,05	27,08	0,10	6,82	<4,75	<10,00	35000,00	11000,00
	MES 3	16,20	5,24	8,35	0,17	1,62	<1,00	8,17	0,81	32,73	0,31	7,20	<4,75	<10,00	310000,00	18000,00
	PROMEDIO	13,20	5,50	7,68	0,12	1,39	<1,00	8,17	0,81	30,43	0,17	7,33	<4,75	<10,00	120866,67	13433,33
Río Tupigachi	MES 1	12,70	5,15	7,76	0,27	5,28	<1,00	<0,50	0,76	105,65	0,22	7,58	<4,75	<10,00	24200,00	15600,00
	MES 2	10,90	15,25	7,06	0,02	1,67	<1,00	<0,05	0,64	69,82	0,20	7,41	<4,75	<10,00	27000,00	6300,00
	MES 3	12,20	2,69	8,27	0,33	5,39	<1,00	<0,50	<0,50	116,64	0,28	7,74	<4,75	<10,00	8700,00	910,00
	PROMEDIO	11,93	7,70	7,70	0,21	4,11	<1,00	<0,35	0,63	97,37	0,23	7,58	<4,75	<10,00	19966,67	7603,33
Río Tupigachi San Juan Loma	MES 1	11,10	14,60	7,79	0,14	0,95	< 1,00	1,37	0,16	52,17	0,17	8,08	< 4,75	< 10,00	900,00	90,00
	MES 2	12,20	27,60	7,32	0,08	1,36	<1,00	<0,05	<0,05	22,94	0,16	7,19	<4,75	<10,00	2100,00	1000,00
	MES 3	16,40	31,65	7,97	0,16	0,90	<1,0	<0,50	<0,50	32,73	0,25	7,08	<4,75	<10,00	20000,00	640,00
	PROMEDIO	13,23	24,62	7,69	0,13	1,07	<1,00	0,39	0,24	35,95	0,19	7,45	<4,75	<10,00	7666,67	576,67
Centro poblado, Estación 2 (Trasca)	MES 1	9,40	4,49	7,20	0,07	0,77	< 1,00	2,46	< 0,50	19,86	0,11	8,39	< 4,75	< 10,00	1300,00	730,00
	MES 2	15,50	7,74	7,43	0,08	1,00	<1,00	<0,50	0,01	15,36	0,11	7,17	<4,75	<10,00	370,00	10,00
	MES 3	9,80	1,97	7,29	0,06	0,67	<1,00	<0,50	<0,50	14,14	0,09	8,49	<4,75	<10,00	<1	<1
	PROMEDIO	11,57	4,73	7,31	0,07	0,81	<1,00	2,46	0,01	16,45	0,10	8,02	<4,75	<10,00	557,00	247,00
Otón	MES 1	11,20	6,08	7,40	0,15	1,44	< 1,00	1,36	2,31	55,16	0,14	8,88	< 4,75	< 10,00	25000,00	6900,00
	MES 2	13,20	6,93	7,35	0,16	1,77	<1,00	<0,50	0,02	43,13	0,08	8,03	<4,75	<10,00	2600,00	820,00
	MES 3	11,40	1,28	7,94	0,21	3,41	<1,00	<0,50	<0,50	80,83	0,17	6,56	<4,75	<10,00	24000,00	2000,00



Lugar	N. de muestra	Temperatura ( °C)	Turbidez (UNF)	Potencial de hidrógeno (U pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Amonio ( mg/l)	Nitrógeno total ( mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Sólidos totales ( mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO ( mg/l)	DQO ( mg/l)	Coliformes totales (nmp/100ml)	Coliformes fecales (nmp/100ml)
	PROMEDIO	11,93	4,76	7,56	0,17	2,21	<1,00	0,79	0,94	59,71	0,13	7,82	<4,75	<10,00	17200,00	3240,00
Río Granobles	MES 1	12,70	13,70	7,53	0,13	2,18	<1,00	<0,50	<0,50	48,69	0,16	7,96	<4,75	<10,00	15100,00	10700,00
	MES 2	11,60	16,73	7,10	0,23	2,80	<1,00	<0,05	0,64	77,48	0,21	7,68	<4,75	<10,00	130000,00	69000,00
	MES 3	16,30	3,89	9,51	0,57	11,00	<1,0	3,74	0,98	32,73	0,64	8,73	<4,75	<10,00	3000,00	<1
	PROMEDIO	13,53	11,44	8,05	0,31	5,33	<1,00	1,43	0,81	52,97	0,34	8,12	<4,75	<10,00	49366,67	26567,00
Río Guachala Canal Pisque	MES 1	12,40	9,85	7,60	0,23	4,64	<1,00	<0,50	0,48	90,92	0,21	7,14	<4,75	<10,00	93100,00	68200,00
	MES 2	12,10	8,44	7,32	0,11	1,05	<1,00	<0,05	<0,05	39,83	0,10	9,37	<4,75	<10	11000,00	2700,00
	MES 3	16,10	41,95	7,59	0,06	1,62	<1,0	<0,50	<0,5	32,73	0,15	7,54	9,00	22,00	540,00	<1
	PROMEDIO	13,53	20,08	7,50	0,13	2,44	<1,00	<0,35	0,48	54,49	0,15	8,02	9,00	22,00	34880,00	35450,00
Río Pisque piscinas	MES 1	12,00	7,20	7,68	0,20	3,82	<1,00	<0,50	0,31	78,40	0,18	8,21	<4,75	<10	154500,00	111800,00
	MES 2	12,10	1,19	7,42	0,19	2,08	<1,00	<0,05	0,25	64,54	0,11	8,87	<4,75	<10,00	87000,00	54000,00
	MES 3	16,40	25,85	7,61	0,09	1,51	<1,0	4,77	<0,5	32,73	0,21	8,06	13,00	31,00	750000,00	63000,00
	PROMEDIO	13,50	13,50	7,57	0,16	2,47	<1,00	4,77	0,28	58,56	0,17	8,38	13,00	31,00	330500,00	76266,67
Río Pisque Puente	MES 1	10,10	6,21	8,12	0,48	4,41	< 1,00	0,22	1,93	168,06	0,37	8,18	< 4,75	<10,00	12000,00	910,00
	MES 2	15,00	13,95	7,60	0,46	3,72	<1,00	<0,50	0,01	147,31	0,38	7,85	<4,75	<10	7300,00	910,00
	MES 3	16,00	5,20	8,78	0,42	3,13	<1,0	75,76	0,65	32,73	0,52	8,48	6,00	16,00	440000,00	27000,00
	PROMEDIO	13,70	8,45	8,17	0,45	3,75	<1,0	37,99	0,86	116,03	0,42	8,17	5,16	12,00	153100,00	9606,67
La Esperanza Chimbacalle	MES 1	12,20	24,50	7,35	0,09	1,10	<1,00	<0,05	<0,05	29,33	0,13	7,26	<4,75	<10,00	10000,00	1700,00
	MES 2	10,60	19,75	7,88	0,10	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	32,73	0,25	5,24	<4,75	<10,00	27000,00	6300,00
	MES 3	11,20	19,35	8,35	0,19	3,31	<1,00	<0,50	<0,50	82,70	0,19	7,74	<4,75	<10,00	900,00	430,00
	PROMEDIO	11,33	21,20	7,86	0,13	1,79	<1,00	<0,35	<0,35	48,25	0,19	6,75	<4,75	<10,00	12633,33	2810,00
Santa Rosa Estación 3	MES 1	9,80	2,97	7,60	0,07	0,87	< 1,00	2,82	0,65	19,38	0,13	8,26	< 4,75	< 10,00	1400,00	640,00
	MES 2	15,10	12,70	6,96	0,08	1,34	<1,00	<0,50	<0,5	17,75	0,14	7,98	<4,75	<10	70,00	<1
	MES 3	9,40	4,09	7,52	0,06	0,72	<1,00	<0,50	<0,50	49,53	0,08	7,50	<4,75	<10	27000,00	6300,00
	PROMEDIO	11,43	6,59	7,36	0,07	0,98	<1,00	3,82	0,65	28,89	0,14	7,91	<4,75	<10	9490,00	6941,00
Azcasubi	MES 1	9,80	6,67	7,86	0,15	1,67	< 1,00	<0,5	1,76	50,11	1,84	7,79	< 4,75	< 10,00	31000,00	10000,00
	MES 2	13,30	2,60	7,30	0,17	1,67	<1,00	<0,50	<0,50	44,21	0,12	7,85	<4,75	<10,00	9300,00	3100,00
	MES 3	11,40	2,69	8,13	0,20	2,31	<1,00	<0,50	<0,50	78,51	0,16	7,72	<4,75	<10,00	24000,00	3400,00
	PROMEDIO	11,50	3,99	7,76	0,17	1,88	<1,00	<0,50	0,92	57,61	0,71	7,79	<4,75	<10,00	21433,33	5500,00
Tanque de agua potable Ayora 1	MES 1	10,20	0,33	6,61	0,21	1,80	<1,00	<0,50	<0,50	80,66	0,20	3,97	<4,75	<10,00	2.7x10 <sup>4</sup>	6.3x10 <sup>3</sup>
	MES 2															

Lugar	N. de muestra	Temperatura ( °C)	Turbidez (UNF)	Potencial de hidrógeno (U pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Amonio ( mg/l)	Nitrógeno total ( mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Sólidos totales ( mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO ( mg/l)	DQO ( mg/l)	Coliformes totales (nmp/100ml)	Coliformes fecales (nmp/100ml)
	MES 3															
	PROMEDIO	10,20	0,33	6,61	0,21	1,80	<1,00	<0,50	<0,50	80,66	0,20	3,97	<4,75	<10,00	2.7x10 <sup>4</sup>	6.3x10 <sup>3</sup>
Pozo Floricola	MES 1	13,40	1,12	6,87	0,28	3,72	<1,00	<0,50	<0,50	71,45	0,14	7,56	<4,75	<10,00	20,00	<1
	MES 2	9,40	1,28	7,26	0,27	3,62	<1,00	<0,50	<0,50	98,77	0,22	7,11	<4,75	<10,00	30,00	<1
	MES 3	10,90	0,17	7,09	0,28	4,28	<1,00	<0,50	<0,50	111,20	0,29	6,85	<4,75	<10,00	70,00	<1
	PROMEDIO	11,23	0,86	7,07	0,28	3,87	<1,00	<0,50	<0,50	93,81	0,22	7,17	<4,75	<10,00	40,00	<1
Piscinas de oxidación Ayora	MES 1	16,00	65,20	6,62	1,21	1,85	<1,0	41,98	17,46	32,73	0,68	7,01	62,00	148,50	2.3x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>
	MES 2															
	MES 3															
	PROMEDIO	16,00	65,20	6,62	1,21	1,85	<1,0	41,98	17,46	32,73	0,68	7,01	62,00	148,50	2.3x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>
Llaves de agua potable Ayora 1	MES 1	9,80	0,31	6,86	0,21	1,31	<1,00	<0,50	<0,50	91,15	0,20	6,32	<4,75	<10,00	30,00	<1
	MES 2															
	MES 3															
	PROMEDIO	9,80	0,31	6,86	0,21	1,31	<1,00	<0,50	<0,50	91,15	0,20	6,32	<4,75	<10,00	30,00	<1
Tanque de agua potable Ayora 2	MES 1	10,10	0,30	6,76	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	74,57	0,21	6,23	<4,75	<10,00	40,00	<1
	MES 2															
	MES 3															
	PROMEDIO	10,10	0,30	6,76	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	74,57	0,21	6,23	<4,75	<10,00	40,00	<1
Llaves de agua potable Ayora 2	MES 1	9,90	0,70	7,06	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	75,67	0,18	7,22	<4,75	<10,00	<1	<1
	MES 2															
	MES 3															
	PROMEDIO	9,90	0,70	7,06	0,20	0,95	<1,00	<0,50	<0,50	75,67	0,18	7,22	<4,75	<10,00	<1	<1

Anexo 1. Tabla completa de resultados para determinar índice de calidad de agua.